

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA**

**Departamento de Musicología**



**TESIS DOCTORAL**

**Apriorismo armónico en la música occidental  
Designing music: una propuesta de inversión**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Luis María Rodríguez de Robles Braña**

Directora

**Marta María Rodríguez Cuervo**

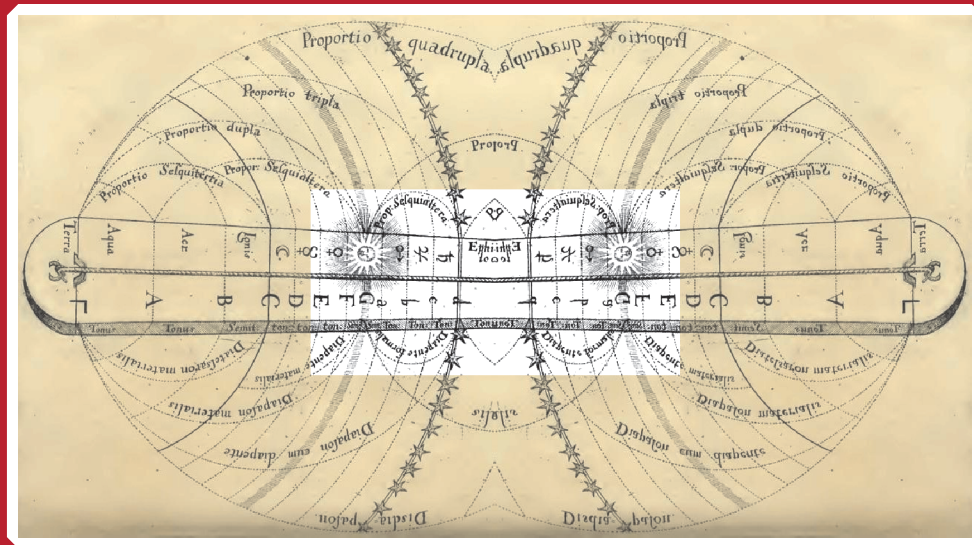
**Madrid, 2017**



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA  
DEPARTAMENTO DE MUSICOLOGÍA

# Apriorismo Armónico en la Música Occidental

## Designing Music: una Propuesta de Inversión



Tesis Doctoral

Luis María Rodríguez de Robles Braña

Dirigida por:

Marta María Rodríguez Cuervo

Madrid, 2016



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA**

**Departamento de Musicología**



**APRIORISMO ARMÓNICO EN LA MÚSICA OCCIDENTAL  
DESIGNING MUSIC: UNA PROPUESTA DE INVERSIÓN**

**TESIS DOCTORAL**

*Autor*

**Luis María Rodríguez de Robles Braña**

correoluisrobles@gmail.com

*Directora*

**Dra. Marta María Rodríguez Cuervo**

Madrid, 2016







## AGRADECIMIENTOS

Tras la inmensa fortuna que ha supuesto en mi trayectoria vital acceder a disfrutar de las profundidades de la música, a crearla, desarrollarla como profesión, incluso investigar acerca de ella y plasmar esa investigación en estas líneas, se esconde el apoyo de innumerables personas. A todas ellas deseo expresamente dar las gracias.

En primer lugar y, muy especialmente, a Marta Rodríguez Cuervo, sin cuya entregada guía y dedicación este trabajo nunca hubiera sido posible. A Adolfo Núñez, que despertó, estimuló y apoyó siempre de forma decidida estas inquietudes e indagaciones sobre composición algorítmica. A Antonio Notario, por detectar en ellas el potencial de un trabajo doctoral y colocar la primera piedra hacia él. A Fernando Delgado, por sus certeros consejos en los inicios de la tesis. A Jesús Rueda, compañero de *posposiciones armónicas*, por su enorme generosidad. A Eduardo Morales, cuyo ejemplo y apoyo es constante motivo de aliento. A Arturo Tello, por sus orientaciones sobre las esencias éticas de la música medieval. A Oscar Escudero, por la defensa incondicional de Designing Music desde su arrolladora juventud artística.

A mi familia, a mis hermanos, a mis padres, en especial a mi madre, que invirtió enormes esfuerzos para desarrollar una inclinación musical que ya manifestaba desde la cuna y cuyo apoyo nunca ha decaído. A Valentín Ruíz, quien siendo yo todavía un niño me hizo descubrir los secretos de la Armonía en las clases del conservatorio, con una dedicación y ausencia de prejuicios difícil entonces de encontrar. A Jesús Sevillano, por su excepcional magisterio en los entresijos del Contrapunto y a Enrique Blanco, quien me enseñó a bucear en las complejidades de la música de vanguardia. A Luis Robledo, por haber abierto esta mente científica al vasto universo humanístico de relación entre música y filosofía. A Emilio Molina, por su clarividencia acerca de los secretos del fenómeno musical y su energía para difundirlos, llegada oportunamente en trabajos compartidos a reforzar mis convicciones. A los compositores del Grupo Talea, por el estimulante espacio creativo desarrollado juntos durante largos años, palanca de impulso de todo lo acaecido después. A un tal Aquiles, sin cuya intervención hubiese sido mucho más difícil concluir esta etapa de investigación, y a una diosa griega, que vio nacer gran parte de ella. A mis amigos navegantes, en la vida y en los mares, cuyo afecto, inquietud y altura intelectual ejerce siempre un destacado incentivo. Y a Lucas y Andrés quienes, algún día, alcanzarán a comprender lo que expresa este texto.



## NOTA EDITORIAL

Diversos ejemplos y figuras de los que se muestran a lo largo de esta tesis cuentan con la posibilidad de acceder al archivo de audio o de programación de DM-D correspondiente. Para notificarlo se ha empleado, en el pie del ejemplo, el siguiente código:

- (+*Audio*) : El ejemplo cuenta con una versión de audio.
- (+*Prog*) : El ejemplo se encuentra disponible como archivo informático.

En el punto 12 de la tesis se ofrece una relación de todos los archivos. Además de incluirse en el disco compacto que acompaña la edición de esta tesis, estos archivos se encuentran accesibles, para uso libre, en la dirección web:

- [www.designingmusic.org/tesis.htm](http://www.designingmusic.org/tesis.htm)

Respecto a la redacción del texto, hemos de realizar una aclaración en relación al uso de términos de género. Como resulta común en idioma castellano, se ha recurrido al empleo del genérico masculino para denominar el conjunto de personas al que pueda referirse la palabra, independientemente de su sexo, y con la intención de evitar la duplicidad del tipo *el [...]* y *la [...]* que consideramos oscurece la redacción y dificulta su lectura. Tal es el caso, por ejemplo, del recurrente término *compositor*, cuya aparición, deseamos expresamente precisar, alude indistintamente a compositor y/o compositora.



# Contenidos

Resumen .....	15
Abstract .....	17
<b>1 Introducción .....</b>	<b>19</b>
1.1 Objetivos de la Tesis .....	22
1.2 Estructura de la tesis y metodología aplicada .....	23
<b>2 Experimentación Preliminar .....</b>	<b>25</b>
<b>3 El Factor Armónico durante el Acto Creativo .....</b>	<b>33</b>
3.1 El Proceso Creativo en la Música Tonal Clásica .....	33
3.1.1 Elementos primarios del proceso de creación musical: selección a partir del Análisis Musical .....	33
3.1.2 La Formación académica del compositor. El caso práctico de España durante el siglo XX .....	37
3.2 Apriorismo del Factor Armónico: Análisis causal .....	44
3.2.1 Los Procesos Armónicos y Temáticos según la Teoría Musical Griega .....	45
3.2.2. Neopitagorismo, Cristianismo y Ritmo.....	48
3.2.3. Apriorismo armónico a partir de la polifonía cristiana .....	54
3.3 El concepto de Imbricación Armónica.....	56

<b>4 El Contexto Estético: Una propuesta</b>	61
4.1 (In)Dependencias entre el Factor Armónico y el Temático-Formal en la Música Postonal	62
4.1.1 Sistemas que simultanean planos armónicos dispares - Politonalidad	67
4.1.2. Sistemas que apriorizan el factor armónico - Serialismo	70
4.1.3 Sistemas que desatienden el factor armónico - Pandiatonismo y Aleatoriedad	78
4.1.4 Sistemas que estatizan el factor armónico - Minimalismo	82
4.2 Designing Music como posposición absoluta de la aplicación del Factor Armónico durante el acto creativo	84
<b>5 El Contexto Tecnológico</b>	89
5.1 Asistencia Informatizada a la Composición, una panorámica	89
5.2 Modelos de Tratamiento Armónico en los Sistemas de Composición Asistida por Ordenador	105
5.2.1 Desatención de la resultante armónica (atonalidad)	105
5.2.2 Imitación estilística	106
5.2.3 Utilización apriorística de escalas, intervalos u acordes determinados	108
5.2.4 Lógica algorítmica para la generación de color armónico	109
5.3 Aplicación a posteriori del tratamiento armónico	111
<b>6 DM-D: Módulo Composer</b>	113
6.1. Estructura de DM-D	115
6.1.1 Archivos de entrada y salida de Composer	116
6.1.2 Archivos de entrada y salida de Harmonizer	120
6.2 Operación general del Módulo Composer	121
6.3 La dimensión visual en Composer	125
<b>7 DM-D: Módulo Harmonizer</b>	135
7.1 Principios generales de Harmonizer	136
7.2 Operación del Módulo Harmonizer	141
7.2.1 Armonía a aplicar	142
7.2.2 El proceso de Armonización	144
7.2.3 Notas extrañas y líneas	151



7.2.4 Tratamiento del bajo y de la línea melódica superior .....	156
7.2.5 Criterios de Valoración del Algoritmo .....	159
7.3 Perspectivas de ampliación de Harmonizer .....	169
<b>8 Aplicaciones Analíticas</b> .....	173
8.1 Preludio para teclado en el estilo de J.S Bach.....	176
8.1.1 Programación de Composer: Generación de la estructura formal y temática. ....	179
8.1.2 Programación de Harmonizer: aplicación del tratamiento armónico .....	187
8.2 Estudio para piano N° 8, <i>Fem</i> , de G. Ligeti .....	193
8.2.1 Análisis de los veinticinco primeros compases del Estudio.....	196
8.2.2 Modelización temático-formal: Programación de Composer .....	202
8.2.3 Aplicación del plano armónico: programación de Harmonizer .....	216
<b>9 Aplicaciones Artísticas</b> .....	223
9.1 Tres Recitativos Andalusíes, Hammam .....	225
9.1.1 Plano temático 1: Llenado de cubo de agua.....	228
9.1.2 Plano temático 2: Agua corriendo por el suelo .....	230
9.1.3 Restantes planos temáticos. Control formal .....	232
9.1.4 Partitura de la pieza sin armonizar .....	234
9.1.5 Proceso de armonización.....	252
9.2 M-Obelisk Hoquetus .....	259
9.2.1 Concepción estructural.....	260
9.2.2 Elaboración temática.....	263
9.2.3 Determinación del plano armónico .....	267
9.2.4 Partitura de la obra: Clarinete en Mib y referencia Electroacústica.....	271
<b>10 Conclusiones</b> .....	283
<b>11 Referencias</b> .....	291
<b>12 Anexos</b> .....	301
RELACIÓN DE DOCUMENTOS SONOROS .....	301
RELACIÓN DE ARCHIVOS DE PROGRAMACIÓN .....	305

APÉNDICE I - Experimentación Preliminar: Detalles técnicos de la Transformación .....	307
APÉNDICE II - Jesús Rueda Azcuaga. Aplicación a posteriori del factor armónico en su obra .....	309
APÉNDICE III - Carta de Dominik Hörnel, autor de Tonica-Fugata, 11 de junio de 2015.....	313
APÉNDICE IV - Documentación de DM-D incluida como archivo de ayuda dentro del propio software .....	315
APÉNDICE V - DM-D: Especificaciones Técnicas y Detalles de Desarrollo.....	325
APÉNDICE VI - Ejemplos 6-(6) y 6-(11) Detalles Técnicos de Programación .....	329
APÉNDICE VII - El archivo <i>conar.txt</i> . Ejemplo tipo.....	337
APÉNDICE VIII -Visualización de líneas reconocidas por Harmonizer .....	339
APÉNDICE IX - Programación de Composer para la generación de M-Obelisk Hoquetus .....	343





## RESUMEN

Denominamos *apriorismo armónico* al hecho de prestar atención previa y minuciosa a los aspectos armónicos durante el acto de creación musical, supeditando e incluso postergando la actuación sobre otros factores, especialmente el temático, aunque también el textural e incluso el formal. Esta tesis doctoral, *Apriorismo Armónico en la Música Occidental. Designing Music: una Propuesta de Inversión*, indaga la manera relativamente subconsciente bajo la cual se ha manifestado el apriorismo armónico en la Música Occidental culta y sus derivaciones, condicionando la producción artística elaborada en su ámbito de actuación, y presenta una propuesta de inversión de tal apriorismo, desde el marco de la composición algorítmica, denominada *Designing Music*.

La investigación en su conjunto discurre por cinco líneas principales, que abordan el estudio del apriorismo armónico desde perspectivas complementarias. La primera recoge una transformación experimental del primer movimiento de la *Sonata para piano KV545* de W.A. Mozart que disgrega el plano formal-temático y el armónico, permitiendo contrastar la relevancia de cada uno. En la segunda, se analiza el proceso formativo de un compositor, tomando como referencia el modelo de España durante el siglo XX, para evaluar cómo la orientación apriorística puede llegar a vertebrar el propio trayecto académico. En la tercera, se rastrean los posibles orígenes del apriorismo, con el objeto de dilucidar si éste fuera consustancial al proceso creativo o si, por el contrario, supone en esencia una convención. Para ello, se examina la teoría musical de la antigüedad grecolatina y medieval, estableciendo un posible germen como convención derivada de los planteamientos éticos del Cristianismo.

Como cuarta línea, se formula la posibilidad práctica de desarrollar una metodología que invierta el proceso creativo, posponiendo completamente la aplicación del factor armónico, y se rastrean posibles precedentes en la música de vanguardia del siglo XX, repasando las figuras de Ravel, Bartok, Stravinsky, Milhaud, Schoenberg, Berg, Babbitt, Cage y Pärt, entre otras. Como quinta y última línea, se presenta *Designing Music* como tal metodología de creación musical, junto a la aplicación de composición algorítmica DM-D que permite su implementación. Se ofrecen ejemplos de su capacidad analítica, a través de la recreación de un preludio en estilo de J.S. Bach y de una sección del *Estudio para piano N°8, Fem*, de G. Ligeti, así como de obras creadas bajo la aplicación de la metodología por el autor de esta tesis. En concreto, el tercer movimiento de *Tres*

*Recitativos Andalusíes, Hammam*, para violoncello y electroacústica, y *M-Obelisk Hoquetus*, para clarinete piccolo y electroacústica.

Las conclusiones principales nos conducen a constatar el hecho del apriorismo armónico, no sólo en la Música Tonal Clásica, sino también en muy diversas corrientes de vanguardia en las que, tras una aparente libertad armónica, se esconde un rígido apriorismo, como es, por ejemplo, el caso del Dodecafonismo. Se concluye también cómo en la Teoría Musical de las Esferas puede encontrarse el origen de este apriorismo característico de la Música Occidental, tras ser plenamente asumida por el pensamiento cristiano. Por último, se verifica la originalidad y validez de la metodología *Designing Music* para la completa inversión de dicho apriorismo, desarrollando un método sistematizado para posponer completamente el proceso armónico.

## ABSTRACT

We give the name *harmonic apriorism* to the fact of paying previous and meticulous attention to harmonic aspects during the musical creative act, subordinating and even deferring the action relating to other factors, especially the thematic as well as the textural, and extending to the formal. This doctoral thesis, *Harmonic Apriorism in Western Music. Designing Music: a Proposal of Inversion*, investigates the relatively subconscious manner under which harmonic apriorism manifests itself in cultured Western Music and its derivatives, conditioning the artistic production produced in its sphere of activity, and presents a proposal of the reversal of said apriorism, from the framework of the algorithmic composition, named *Designing Music*.

The investigation as a whole flows through five principal threads, which address the study of harmonic apriorism from complementary perspectives. The first gathers an experimental transformation of the first movement of the *Sonata for piano KV545* by W.A. Mozart, in which the formal-thematic and the harmonic components are disjoined, thus permitting to contrast the relevance of each one. In the second, the formative process of the composer is analysed, taking as a reference the model in Spain during the 20th century. This allows to evaluate how the aprioristic orientation can come to be the backbone of the academic guideline. In the third, the possible origins of apriorism are considered, with the aim of explaining if this were consubstantial to the creative process or if, on the contrary, it implies in essence a convention. To do this, ancient Graeco-Latin and medieval musical theory is examined, establishing a possible seed of convention rooted in the ethical approaches of Christianity.

As the fourth line, we formulate the practical possibility of developing a methodology which inverts the creative process, completely postponing the application of the harmonic factor and we follow the trail possible precedents back to the Avant-Garde Music of the 20th century, revisiting figures such as Ravel, Bartok, Stravinsky, Milhaud, Schoenberg, Berg, Babbitt, Cage and Pärt, amongst others. In the fifth and final thread *Designing Music* is presented as such methodology of musical creation, along with the algorithmic composition software DM-D which permits its implementation. Examples of its analytical capacity are offered, through modelling of a prelude in the style of J.S. Bach and a section of *Study for piano N°8, Fem*, by G. Ligeti, as well as pieces created under the application of this methodology by the author of this thesis. Specifically the third

movement of *Three Andalusian Recitatives, Hammam*, for cello and electroacoustics, and *M-Obelisk Hoquetus*, for E-flat clarinet and electroacoustics.

As main conclusions, harmonic apriorism is confirmed, not only in Classical Tonal Music, but also in different Avant-Garde music styles in which, after an apparent harmonic freedom, rigid apriorism hides, as is, for example, the case of Twelve-Tone technique. It is also concluded how the Music Theory of the Spheres could be the origin of this characteristic apriorism of Western Music, after being fully assumed by Christian philosophy. Finally, originality and functionality of the methodology Designing Music for the full reversal of such apriorism is proved, as it provides an organized method for completely postponing the harmonic process.



# 1 Introducción

---

*Compuso los cielos todos  
Dios en números cabales,  
y mandándoles por ser tales  
resonar en dulces modos  
y tejer danzas iguales*

Bernardo de Balbuena, *Compendio  
apologético en alabanza de la poesía*

Resulta frecuente que desarrollos o investigaciones encuentren su origen en una intuición. Es el caso de la que nos ocupa. Tras una prolongada formación académica, con profundos estudios, entre otros, de armonía, contrapunto y composición, intuía la carencia de algo que impedía alcanzar una verdadera comprensión de las obras del repertorio clásico. Una comprensión que facilitara incluso componer obras de imitación estilística de dicho repertorio clásico-romántico con una cierta fidelidad, lo que hasta el momento no había conseguido y consideraba una simple falta de capacidad o talento.

De manera casi casual, el análisis autodidacta y detenido de una obra de Haydn, en concreto del primer movimiento de la Sonata para teclado N° 42 en Sol Mayor Hob. XVI/27, por fin ofreció la clave. La intuición se volvió de repente certeza cuando empecé a visualizar en aquella sonata una riquísima y estructurada trama de organización

temático-formal sobre una armonía relativamente simple, especialmente durante la exposición. No había duda, había de ser toda aquella organización la que sostenía el discurso musical, no la armonía. Para corroborar completamente la sospecha, realicé una prueba componiendo una pieza en estilo clásico que calcaba la estructura temática y formal del movimiento, también en parte su armonía, pero a partir de motivos melódicos diferentes. Surgió una preciosa pieza, distinta a la de Haydn, no tan perfecta como la suya, pero equilibrada, coherente, dinámica y reconocible perfectamente dentro del estilo.

Aquella experiencia había de dejar una profunda huella. De un lado, por la cierta sensación de tiempo perdido hasta descubrir ese universo. De otro, por el desconcertante hecho de no haber escuchado a nadie hablar con claridad de él, tan sólo de manera desorganizada y marginal. Con el tiempo, y después de haber tratado a numerosos profesionales de la música, entendí que, en general, estos profesionales no hablaban de él porque... ¡nadie les había hablado de él! y no contaban con ideas claras al respecto. Como es de suponer, esta información tampoco figuraba de forma explícita y organizada en los textos técnicos dedicados a la creación musical, encontrándose habitualmente ausente, de manera parcial, o incluso presentando ideas confusas y contradictorias, en vez de arrojar luz sobre el tema <sup>1</sup>. Por suerte, la carencia se va corrigiendo y, en las dos últimas décadas, se han empezado a desarrollar propuestas didácticas y publicaciones que abordan con una cierta solvencia los aspectos formal-temáticos, tanto desde el punto de vista analítico como del adiestramiento en la creación musical. Tal es el caso, por ejemplo en España, de la metodología desarrollada desde el Instituto IEM por Emilio Molina <sup>2</sup>.

En nuestro caso y desde entonces, las consecuencias de aquella huella se han expresado en diversas direcciones. En primer lugar, en la actitud de absoluta atención hacia los más mínimos detalles de las tramas temáticas a la hora de abordar el análisis o la audición de

---

<sup>1</sup> Podríamos citar aquí una considerable bibliografía al respecto. Declinamos hacerlo por respeto a los maestros que la escribieron, a sus seguras aportaciones, y porque tal crítica no se encuentra entre los objetivos de esta tesis.

<sup>2</sup> Esta metodología se basa en la improvisación como vía de comprensión y dominio del hecho musical, lo que implica controlar con precisión todos sus aspectos, también el formal-temático. Cuenta con numerosas publicaciones y medios de difusión regulares a través de cursos y congresos. Puede encontrarse información concreta acerca del proyecto en la dirección web del Instituto IEM, en <http://www.iem2.com/> [Consulta realizada el 11 de mayo de 2016].

una obra desconocida, así como a la lógica estructural de todas ellas. También como preocupación expresa en la labor docente, especialmente en las clases de composición, persiguiendo que los alumnos adquirieran al menos el mismo conocimiento, sensibilidad y destreza en los aspectos formal-temáticos que en los armónicos. Asimismo, como motor de curiosidad e investigación musicológica, induciendo a largas reflexiones e indagaciones sobre el porqué de ese histórico sobredimensionamiento y apriorización de los aspectos armónicos, no pocas veces con expresa desatención sobre otros. Como no puede ser de otra manera, también la música compuesta de *forma manual* desde aquella experiencia ha resultado objeto de esmerados planteamientos temáticos, tratando de aplicar lo observado y analizado desde esa *nueva perspectiva* que ofrece la gran literatura musical. Pero quizás la mayor consecuencia ha sido la investigación y desarrollos acometidos en torno a la composición algorítmica, cuya culminación es DM-D y Designing Music. Este desarrollo, que consideramos tan sólo una extensión de nuestra labor compositiva, se ha conducido hacia una inversión total del proceso tradicionalmente aplicado en relación a la armonía, con la intención de explorar un enfoque creativo particular y de ahondar en la atención hacia los aspectos formal-temáticos situados, a través de esta técnica, completamente por delante de los armónicos.

A partir tales premisas, esta tesis recoge en cierta medida esas inquietudes y experiencias, y se adentra en determinadas líneas musicológicas, especialmente en las de orden causal en relación al fenómeno del apriorismo armónico y sus diversas manifestaciones, desde las posibles raíces medievales hasta su expresión en la música de vanguardia en el siglo XX. Con el doble objetivo de dar a conocer, por un lado, tales planteamientos aportando, en relación al hecho armónico, un punto de vista alternativo al históricamente considerado. Y por otro, ofrecer una propuesta práctica de inversión de tal apriorismo, de cara a explorar el camino hacia las posibilidades conceptuales, estéticas y creativas que de dicha inversión pudieran derivarse.

## 1.1 Objetivos de la Tesis

Los objetivos de esta tesis pivotan todos ellos en torno al concepto de *apriorismo armónico*, abordándolo y proponiendo metas en relación a él desde diferentes perspectivas. Tomando en cuenta estas perspectivas, establecemos los siguientes objetivos específicos:

- Definir y perfilar con precisión el concepto de apriorismo armónico.
- Constatar su presencia en el subconsciente colectivo y en la actitud creativa dentro de la tradición de la música culta occidental.
- Abordar los orígenes del apriorismo armónico, discriminando si se trata de un hecho consustancial al estilo y práctica musical o, por el contrario, de una convención de carácter histórico.
- Evaluar procedimientos cercanos a la liberación de tal apriorismo dentro de las tendencias de la música de vanguardia del siglo XX.
- Proponer la formulación teórica de inversión completa del apriorismo, como sistema creativo en el que la elaboración de los procesos armónicos resulte totalmente pospuesta frente a los formal-temáticos.
- Presentar la metodología Designing Music y la herramienta DM-D como vías de implementación práctica de tal formulación teórica, en el marco de los sistemas de composición algorítmica desarrollados en las últimas décadas.
- Evaluar la operatividad práctica de la metodología a través de la creación de música nueva y de la recreación de música de repertorio de diferentes estilos, constatando su posible aplicación también como herramienta analítica.

## 1.2 Estructura de la tesis y metodología aplicada

Estructuralmente, la tesis parte de un capítulo de todavía cierto carácter introductorio, *Experimentación preliminar*, para definir y constatar experimentalmente el concepto de apriorismo armónico, a partir de la manipulación informática del primer movimiento de la Sonata para piano KV545 de W.A. Mozart. A continuación, el conjunto de la tesis se estructura principalmente en dos secciones.

La primera, que comprende los dos siguientes capítulos, se dedica al estudio de este concepto desde tres ángulos distintos: el primero, el proceso formativo de un compositor, tomando como referencia los planes de estudio en España durante el siglo XX. El segundo, el origen de tal uso apriorístico, profundizando para ello en la teoría musical de la antigüedad greco-latina y de la alta Edad Media a través de la obra de diversos filósofos y teóricos, desde Platón o Aristóxeno, hasta San Agustín, Arístides Quintiliano, Boecio, Remigio de Auxerre o Guido D'Arezzo. El tercero, los procesos de independencia entre el plano formal-temático y el armónico en las diversas corrientes de la música de vanguardia del siglo XX, como precedentes a la propuesta de Designing Music, concretando en las figuras de Ravel, Bartok, Stravinsky, Milhaud, Schoenberg, Berg, Babbitt, Cage y Pärt.

La segunda sección, que abarca los restantes capítulos, se inicia con la formulación de la propuesta de Designing Music para, a continuación, abordarla y desarrollarla también desde tres perspectivas. La primera, el contexto tecnológico en el que se enmarca, presentando los principales paradigmas algorítmicos, entre ellos a los que DM-D se adscribe, el de *Música Generativa* para el módulo Composer y el de *Constraints* para Harmonizer. La segunda, la descripción pormenorizada sobre los procesos de operación de la herramienta que la implementa, DM-D. En tercer lugar y finalmente, la aplicación práctica de la metodología, a través de diversos ejemplos. Los primeros de carácter analítico, con la recreación de un preludio en estilo de J. S. Bach y de una sección del Estudio para piano N°8, *Fem*, de G. Ligeti. Y los siguientes de obras creadas bajo la aplicación de la metodología por el autor de esta tesis. En concreto, el tercer movimiento de *Tres Recitativos Andalusíes*, *Hammam*, para violoncello y electroacústica, y *M-Obelisk*, para clarinete piccolo y electroacústica.

Por último, respecto a la estructura, y con el fin de procurar una redacción fluida del cuerpo principal de la tesis, se ha trasladado a diversos apéndices finales la presentación de información de especial extensión o complejidad, especialmente de la tipo técnico de programación.

En relación a la metodología de investigación aplicada, al tratarse ésta de una tesis centrada en un concepto que se estudia desde muy variadas perspectivas, ha implicado también el recurso a diferentes líneas metodológicas. Por un lado, en las secciones de carácter más historicista se ha recurrido, en la medida de lo posible, al estudio de fuentes de las obras originales de los autores referidos, especialmente en la sección dedicada a la teoría musical greco-latina y altomedieval, en las ediciones y traducciones al castellano que hemos considerado más autorizadas. Lamentablemente, hemos constatado que estas traducciones pueden resultar confusas como se especifica, por ejemplo, en el caso del *Protréptico* de Clemente de Alejandría, en el punto 3.2.1.

Otra línea metodológica ha consistido en el análisis directo y comentario de diversas obras musicales o fragmentos de las mismas, en general para examinar el balance entre los planos armónico y formal-temático, especialmente en el capítulo N° 4, dedicado al contexto estético de la propuesta *Designing Music*. Y finalmente, en los últimos capítulos de la tesis, también en parte en el capítulo N° 2, ha sido aplicada una línea metodológica netamente experimental, a través de desarrollos de programación de la herramienta DM-D, para proceder a la posterior evaluación y estudio de los resultados musicales generados a partir de las mismas.

## 2 Experimentación Preliminar

---

En el año 2002, cuando esta investigación daba sus primeros pasos, acometimos un sencillo experimento con el que apuntalar sus bases. El experimento partió del siguiente razonamiento. En el ámbito de las artes plásticas o el diseño suele resultar inmediato anular el color de una imagen, extrayendo exclusivamente su dibujo en blanco y negro y, como mucho, los sombreados en tonos grises. Se trata de un proceso inherente a estas prácticas, que se produce de manera natural, por ejemplo, cuando un artista realiza los bocetos de su obra a carboncillo o aboceta la copia de otra producción artística. De esta manera se prescinde de una dimensión esencial, como es el color, permitiendo trabajar y fijar la atención exclusivamente sobre otra, el dibujo.

Tomando en cuenta esta analogía, nos cuestionamos si en una obra de Música Tonal Clásica resultaría posible anular su dimensión armónica, extrayendo exclusivamente el tejido melódico-temático y la estructura formal de la misma. Para ello, partimos de una obra sencilla y muy conocida dentro del estilo, como es el primer movimiento de la Sonata para Piano KV.545 de W.A. Mozart. Y por simplificar el experimento, dentro del movimiento tomamos solamente la exposición, es decir, los compases 1 a 28.

El procedimiento que diseñamos consistió en aplicar una sencilla transformación matemática que deformase levemente los intervalos de la pieza, de manera que se vieran ligeramente ampliados. El ámbito de este fragmento discurre desde un  $\text{Sol}_2$  hasta un  $\text{Re}_6$ . En concreto, la transformación realizada consistió en ampliar una quinta cada extremo de

dicho ámbito, que entonces queda comprendido entre un  $\text{Do}_2$  y un  $\text{La}_6$ . Las notas intermedias resultan desplazadas proporcionalmente (véase Apéndice I). En la siguiente figura se muestra un esquema del procedimiento.

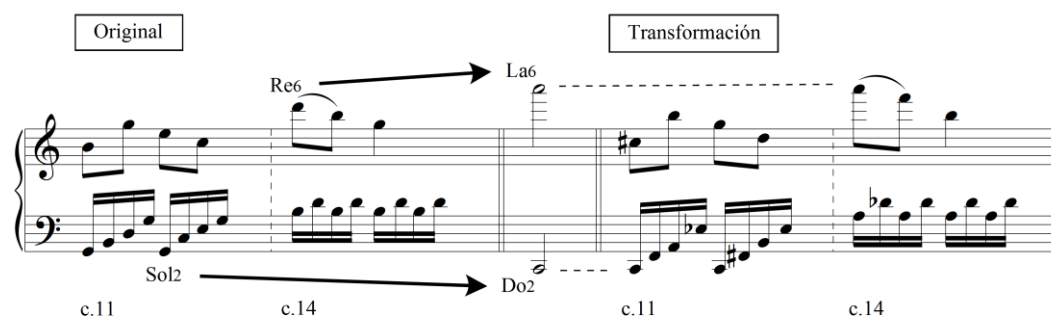


Fig. 2 - (1). Proceso de transformación aplicado en la Sonata Kv545 de W.A. Mozart.

A través de dicho proceso se deforma ligeramente la pieza, lo suficiente como para anular todas las relaciones armónicas tonales que contiene. Sin embargo, permanece prácticamente intacto el contenido melódico de la misma, el conjunto de relaciones temáticas, la organización de la textura, incluso aspectos dinámicos o de articulación y, por descontado, la forma. En definitiva, permanece absolutamente todo excepto el plano armónico tonal, que es anulado y reconducido hacia una especie de atonalismo dodecafónico. Dentro de este atonalismo, como podrá comprobarse, no queda rastro de función armónica alguna. Tan sólo permanece la tonicalización de algunas notas en las que se insiste o se cadencia. Por ello, si recurrimos de nuevo al símil plástico y asociamos las funciones tonales armónicas al color, lo que obtenemos es un espacio armónico carente de color, es decir, en gama de grises o en blanco y negro.

Desde el punto de vista técnico, el experimento se llevó a cabo partiendo de un registro de la pieza en formato digital Midifile. Este formato facilita la libre manipulación de las diferentes notas, pues incluye la información individual de cada una ellas. Como herramienta para ejecutar el proceso se recurrió al programa secuenciador *Sonar*, que incorpora una función de deformación del ámbito musical a través de un proceso de extrapolación, tal y como hemos descrito previamente. Mostramos a continuación la partitura original correspondiente a la exposición de la pieza, seguida por la versión deformada.



## Sonata N°16. Kv545 (Original)

**Allegro**

5

8

11

14

17

20



Fig. 2 - (2). Sonata para piano N°16 Kv545 de W.A. Mozart. Exposición del primer movimiento. (+Audio)

### Sonata N°16. Kv545 (Transformada)

**Allegro**

The image displays a musical score for the first movement of Mozart's Sonata for piano No. 16, K. 545. The score is presented in a system of five staves, each containing a pair of treble and bass clefs. The music is written in G major (one sharp) and 3/4 time. The first staff (measures 14-16) shows a melody in the right hand with eighth notes and a bass line with sixteenth notes. The second staff (measures 17-19) continues the melody with some rests and a more active bass line. The third staff (measures 20-22) features a more complex melody with sixteenth notes and a bass line with eighth notes. The fourth staff (measures 23-25) shows a melody with a trill in measure 23 and a bass line with eighth notes. The fifth staff (measures 26-28) concludes the section with a melody that ends on a whole note and a bass line with eighth notes. The score includes various musical notations such as eighth notes, sixteenth notes, rests, and a trill.

Fig. 2 - (3). Transformación de la Sonata para piano N°16 Kv545 de W.A. Mozart. Exposición del primer movimiento. (+Audio)

El resultado de esta experimentación concluyó en que la audición de la pieza deformada proporciona una experiencia incuestionable. Se reconoce perfectamente toda la trama formal y temática de la misma, de manera que su identificación queda prácticamente asegurada por parte de cualquier persona que conozca la obra. La sensación auditiva seguramente resulta extraña, debido a la deformación armónica, pero el reconocimiento de la pieza y todo su discurso resulta indiscutible. Invirtamos ahora el procedimiento, y

extraigamos la estructura armónica de la pieza, siguiendo la que es una práctica analítica muy habitual, tal y como a continuación se muestra.

1

5

14

22

Sol M →

I V+6 I IV $\frac{6}{4}$  I V $\frac{6}{5}$  I

IV I $\frac{6}{6}$  VII+ $\frac{6}{3}$  I II $\frac{6}{6}$  V I $\frac{6}{4}$  V I $\frac{6}{4}$  V ( V V+4 )

I $\frac{6}{6}$  V+6 I $\frac{6}{6}$  V+6 I $\frac{6}{6}$  IV VII+ $\frac{6}{3}$  III VI $\frac{6}{6}$  II V $\frac{6}{6}$  I

II $\frac{6}{6}$  I $\frac{6}{4}$  V $\frac{7}{+}$  I V $\frac{7}{+}$  I V $\frac{7}{+}$  I

Fig. 2 - (4). Estructura armónica de la Sonata para piano N°16 Kv545 de W.A. Mozart. Exposición del primer movimiento. (+Audio)

Si sometemos a la experiencia de la audición de esta estructura armónica a una persona conocedora de la pieza, lo más probable es que no consiga identificar a qué obra corresponde, a no ser que haya sido previamente alertada. E incluso mediando un aviso previo, tal experiencia auditiva resulta mucho más lejana respecto a la pieza original que la que proporciona el tratamiento inverso, cuando lo que se anula es la funcionalidad tonal armónica y permanece todo el plano temático-formal.

Este sencillo experimento, fácilmente extensible a una notable mayoría del repertorio clásico, permite extraer diversas conclusiones que consideramos trascendentes. Todas ellas conducen a cuestionar concepciones que impregnan la conocida como Música

Clásica desde su misma génesis, en los tiempos de la polifonía medieval. La primera y obvia concepción a cuestionar es la supuesta supremacía del factor armónico frente a los demás. Una supremacía implícita en el subconsciente de creadores e intérpretes, como reflejan la mayoría de tratados sobre procedimientos de creación musical desde *Musica Enchiridis* hasta nuestros días.

El segundo cuestionamiento se dirige hacia las técnicas de composición musical, en las que podríamos sospechar que esta magnificación del factor armónico no ha de ser más que la resultante de una convención, antes que un hecho natural afín a la experiencia auditiva. Una convención probablemente fruto del proceso histórico de evolución de esas mismas técnicas, y muy especialmente, de las características de los soportes gráficos sobre las que se desarrollaron.

Vistos los anteriores, el tercer y último cuestionamiento a la supremacía del hecho armónico se centra en el apriorismo de estas concepciones armónicas frente a otros aspectos durante el proceso de creación musical. Y nos planteamos la especulación sobre si cabría la posibilidad de invertir el proceso, emulando el característico en las artes plásticas. Es decir, si sería posible elaborar, con absoluta definición, todos los elementos constructivos de una pieza, melodías, relaciones melódico-temáticas, texturas, forma, y posponer completamente la aplicación armónica a los mismos.

Esta tesis no es más que un propósito de búsqueda de respuestas a estas tres cuestiones, especialmente la última, y en dicha tarea centraremos nuestro trabajo. Un trabajo que se desarrolla, en gran parte, con el apoyo de la tecnología informática, sin la cual hubiera resultado prácticamente imposible su realización. Y un trabajo que, en cualquier caso, pretende seguir la estela de artistas y pensadores como Schoenberg, quien ya en los arranques del siglo XX intuía un reequilibrio de fuerzas entre los factores constitutivos de la experiencia musical:

La materia de enseñanza de la composición musical se divide habitualmente en tres sectores: armonía, contrapunto y formas musicales. Es decir:

- Armonía: enseñanza de los sonidos simultáneos (acordes) y de sus posibilidades de encadenamiento, teniendo en cuenta sus valores arquitectónicos, melódicos y rítmicos, y sus relaciones de equilibrio.

- Contrapunto: enseñanza de la conducción de voces teniendo en cuenta la combinación motivica (puede ser eventualmente también la teoría de las "formas contrapuntísticas").
- Formas musicales: disposición de la construcción y desarrollo de las ideas musicales.

Esta división tiene la gran ventaja de que posibilita la observación aislada de los diversos factores que concurren en el complejo de la técnica composicional. Pero la necesidad de explicar cada materia de manera autónoma genera una división más neta. Con ello cada sector pierde las relaciones que lo unen con los restantes, las afinidades que existen en vista de un objetivo común: la armonía y el contrapunto han olvidado que, juntamente con las formas musicales, constituyen la enseñanza de la composición, y el alumno que al estudiar armonía se ha acostumbrado a pensar y a crear armónicamente, y al estudiar contrapunto a pensar y a crear contrapuntísticamente, tendría que aprender - y suele estar desvalido ante esta tarea - a unir los conocimientos adquiridos y a utilizarlos conjuntamente para su objetivo final. Por eso - como en todas las empresas humanas - debe elegirse un camino central, y hay que preguntarse qué punto de vista determinará la elección de este camino (Schoenberg, 1922: 7).

El mismo Schoenberg profundizaría esta línea de pensamiento en sus textos posteriores (Schoenberg, 1967), en paralelo a la acción de numerosos creadores que, como él mismo, desde el último tercio del siglo XIX se lanzaron a explorar estos reequilibrios, llevándolos a los mismísimos límites, como el alcanzado por John Cage con su *4'33"*.

En las últimas décadas, las tecnologías informáticas han abierto unas perspectivas que estos pioneros ni siquiera pudieron concebir. Dentro de éste contexto, esta tesis trata en último término de realizar una pequeña contribución a tal exploración, con el fin de ofrecer una mirada diferente sobre el proceso de creación musical más común dentro de la llamada Música Clásica, y en las músicas afines. Y, en consecuencia, plantear nuevas vías de acercamiento al acto creativo, por las cuales hace ya tiempo que nuestra propia producción artística discurre.

## 3 El Factor Armónico durante el Acto Creativo

---

### 3.1 El Proceso Creativo en la Música Tonal Clásica

La cuestión que aquí analizaremos es cuál ha sido el proceso habitual de creación de un compositor enfrentado a la composición de un fragmento o una pieza completa dentro de la conocida como Música Clásica. El objetivo final es evaluar el orden de aplicación de los elementos de *orden primario*, constitutivos de la música, que intervienen en este proceso. Poniendo el foco en el factor armónico y el temático, que son los que realmente nos ocupan. Para ello emprendemos dos líneas complementarias de trabajo. Una parte del Análisis Musical y otra del Proceso Formativo del compositor.

#### 3.1.1 Elementos primarios del proceso de creación musical: selección a partir del Análisis Musical

Aclaremos, en primer lugar, qué entendemos por *elementos primarios*. Planteamos, para ello, un símil arquitectónico. En la arquitectura tradicional consideraríamos como elementos primarios del proceso de construcción los elementos básicos a partir de los cuales se ejecuta, es decir, materiales como ladrillos, piedra, madera, cemento o pintura, entre otros. Como es lógico, y atendiendo a su carácter *primario*, no aparecen entre ellos elaboraciones constructivas de orden superior, como puedan ser consideraciones estéticas, o trazados estructurales de elevada complejidad matemática y conceptual. Si nos situamos en el terreno musical, y aplicando el mismo razonamiento, podríamos establecer una

relación de elementos primarios en su proceso de creación en la que figurarían factores como: melodía, ritmo, agógica, articulación, armonía, textura, timbre, forma o dinámica, a modo de ejemplo y entre otros muchos. El problema ahora es discriminar cuáles de ellos resultan realmente esenciales en el proceso creativo, de manera que podamos considerarlos realmente primarios, frente a todos los demás. Para buscar respuestas a esta cuestión partiremos de una reflexión en torno al *Análisis Musical*, pues es la disciplina que, de manera más directa y sistemática, se ha ocupado del estudio de esos elementos constitutivos del fenómeno musical, aparte, por supuesto, de las relaciones entre ellos.

Existen innumerables técnicas y perspectivas de Análisis Musical. Se trata de un campo en constante evolución que, cada cierto tiempo, arroja nuevos procedimientos de acercamiento al hecho musical (Chouvel y Bardez, 2007: 6). Para acotar nuestro estudio partiremos de la clasificación de las técnicas analíticas más comunes y ampliamente difundidas que en su *guía* ofrece Cook. Él establece cinco categorías o métodos generales de análisis (Cook, 1993):

- 1 - Métodos tradicionales
- 2 - Análisis shenkeriano
- 3 - Análisis psicológico (incluye las teorías de Leonard Meyer y de Rudolf Reti)
- 4 - Acercamientos formales (incluye el análisis de sets y el análisis semiótico)
- 5 - Técnicas de análisis comparativo

De ellos, son los *métodos tradicionales* los que arrojan luz acerca de esa selección de elementos que perseguimos. Las otras cuatro recogen metodologías que podríamos considerar como *meta-sistemas* analíticos ya que, en términos generales, se ocupan del análisis de estructuras conceptuales de orden superior, y no por tanto de los elementos primarios constitutivos del fenómeno musical, que son los que realmente constituyen nuestro objetivo.

Dentro de esos métodos tradicionales, se refiere a cuatro vías fundamentales: el análisis melódico, el armónico y el rítmico, por un lado. Y el análisis formal, por otro (Cook, 1993: 9). Efectivamente, de una manera tradicional en ámbitos académicos suelen ser éstos los elementos que primordialmente son tratados, tanto desde el punto de vista del análisis como también desde el creativo. Dicho de otra manera, quienes se acercan a la



música tonal clásica, a su comprensión profunda y a su creación, especialmente en su etapa formativa, son de estos parámetros de los que como punto de partida se ocupan, ejercitándose en su dominio a través de un prolongado proceso de aprendizaje. Volveremos a abordar esta idea más adelante (véase punto 3.1.2).

Este punto de vista de Cook resulta coherente con el de la gran mayoría de autores que aplican el análisis musical desde una perspectiva *tradicional*. A modo de ejemplo, citaremos a LaRue (LaRue, 1970), y su metodología para el análisis del estilo musical, tan ampliamente difundida. LaRue apoya dicha metodología en el estudio dentro de una obra musical de lo que él denomina abreviadamente como *SAMeRC*. Esta palabra surge, a su vez, de la concatenación de las letras iniciales de estos otros términos:

- 1 - Sonido. Incluiría elementos como el timbre o la articulación.
- 2 - Armonía.
- 3 - Melodía.
- 4 - Ritmo. Entendido como la selección de métricas y contrastes de tempos.
- 5 - Crecimiento. Alude a las consideraciones formales, y a la creación de tensión/distensión en relación a ellas.

Aunque la metodología adquiere un cierto nivel de complejidad y sofisticación a través del establecimiento de *niveles formales* (dimensiones pequeñas, medias, y grandes) son éstos los parámetros que, en todos ellos, focalizan la práctica analítica propuesta por LaRue. Práctica, como puede observarse, en completa concordancia con lo descrito por Cook. Y en términos generales, con la mayoría de autores que estudian los elementos básicos del fenómeno musical, si agregamos los aspectos contrapuntísticos, que consideramos más adelante, y excluimos aquellos de naturaleza extramusical, como por ejemplo el texto en obras vocales, o las componentes literarias en la música escénica y programática.

En vista de ello, podríamos concluir que desde un punto de vista tradicional, y en relación a la Música Tonal Clásica, el foco analítico, y por inducción el creativo, pivota sobre los siguientes componentes:

- Componente Armónico
- Componente Melódico
- Componente Rítmico
- Componente Formal

Tomándolos como punto de partida, añadiremos unas consideraciones. La primera es que debemos situar la forma en un plano diferente, rebajando su papel de componente básico, pues en realidad constituye la organización de orden superior de todas las demás. Es decir, la forma es la manera en que se organizan estructuralmente el factor armónico, el melódico, el rítmico, o cualquier otro que podamos incluir como constitutivo del fenómeno musical .

La segunda consideración es la necesidad, a nuestro juicio, de agregar una componente adicional que sorprendentemente figura ausente en la relación anterior. Nos referimos a la textura, la cual comprende, entre otros, todos los aspectos de orden contrapuntístico, cuya relevancia como elemento esencial de la Música Occidental resulta indiscutible desde la aparición de la polifonía. La relevancia de la textura o el contrapunto ha sido defendida por muy diversos autores, entre los que citaremos a Schoenberg (Schoenberg, 1967:102-114) o a Ernst Toch (Toch, 2001)<sup>3</sup>. Y corroboraremos también esta afirmación en el siguiente punto, al detenernos en el proceso formativo del compositor.

Como tercera y última consideración, haremos decaer de nuestra lista el componente rítmico. Constituyendo el ritmo un indiscutible aspecto de base del hecho musical, sin embargo puede ser explicado desde dos perspectivas que hacen diluir su relevancia o independencia frente a otros componentes. Desde la perspectiva microformal, el ritmo queda aglutinado en los propios comportamientos melódicos o texturales, dentro de los cuales suele ser estudiado o concebido. Y desde la perspectiva meso y macroformal, la evolución rítmica presenta una complejidad constructiva muchísimo más limitada que la

---

<sup>3</sup> El título de la obra de Toch a la que nos referimos, *Elementos constitutivos de la música: armonía, melodía, contrapunto y forma*, resulta determinante en cuanto a su valoración del contrapunto. También es muy ilustrativo respecto a la conclusión que alcanzaremos en este punto, sobre los elementos primarios del proceso de creación musical, pues coincide plenamente con ella.

que pueden ofrecer la melodía, la armonía o la textura, con lo cual no puede ser considerada a un mismo nivel, al menos desde el punto de vista del proceso creativo.

Por todo ello, y después de realizar este breve recorrido por las consideraciones analíticas *tradicionales*, podemos concluir estableciendo como elementos primarios en el proceso creativo de la Música Tonal Clásica, los siguientes tres:

A - Los elementos armónicos. E incluimos en ellos no sólo las formaciones acórdicas, también cualquier tipo de relación interválica, escalística o modal que genere color armónico.

B - Los elementos temático-melódicos. Comprendería todo lo relativo a las componentes melódicas significativas dentro de un fenómeno musical, incluyendo también las relaciones secuenciales de imitación o desarrollo que puedan producirse entre ellas.

C - La textura. Comprende las técnicas constructivas y los efectos sonoros generados por la simultaneidad de líneas en un fenómeno musical de naturaleza polifónica. Dentro de la Música Tonal Clásica estas técnicas y efectos son abordados primordialmente desde el Contrapunto.

Por último, estos tres elementos se encontrarían organizados por un cuarto adicional, de naturaleza superior frente a ellos, la forma. Apoyaremos esta conclusión contrastándola, a continuación, con el papel que ejerce cada uno de ellos durante el proceso formativo de un compositor.

### 3.1.2 La Formación académica del compositor. El caso práctico de España durante el siglo XX

Nuestro siguiente objetivo, además de corroborar la selección previamente expuesta de los elementos primarios en el proceso creativo de la música tonal clásica, es arrojar luz acerca del orden de intervención de éstos elementos en dicho proceso. Para llevar a cabo esta indagación, recurriremos a estudiar el trayecto de formación académica de un

compositor que, como veremos, aportará datos relevantes en relación a esta cuestión. Y para acotar nuestro campo de estudio, nos vamos a ceñir al caso de España durante el siglo XX, pues lo consideramos óptimo en relación a nuestros fines por las razones que a continuación exponemos.

La primera es que, en el terreno de implantación y desarrollo de lo que conocemos como Música Clásica, podríamos afirmar que España durante ese siglo ocupa un puesto intermedio. Es decir, no constituye ni un país destacado en ella, como Alemania y países circundantes, ni un país atrasado, y citamos a modo de ejemplo a los asiáticos, con la excepción de Japón y Corea del Sur. En base a ello, trataremos de establecer una extrapolación de su situación, significándose como una especie de *media* representativa respecto a lo que acontecía en otros países.

La segunda razón es que la evolución política en España durante el siglo XX, especialmente la guerra civil y el posterior aislamiento, provocaron un considerable retardo en el conocimiento e implantación de las técnicas artísticas vanguardistas. Este hecho se refleja de una manera notoria en los ámbitos académicos musicales, cuyos programas de estudios permanecen durante este siglo muy ligados a la tradición tonal clásica decimonónica la cual es, precisamente, nuestro campo de interés. Y la tercera y última razón es que España ha sido nuestro lugar de formación, por lo que conocemos de primera mano cómo discurre dicho proceso formativo.

En España, durante el siglo XX, aparecen vigentes diferentes planes de estudios en el ámbito de la formación académica musical que se imparte en los conservatorios (Catalán, 2002: 720-722):

- El primero, aplicado sólo en los primeros años del siglo, es el establecido por la ley de 1857, conocida popularmente como *Ley Moyano*.
- El segundo se promulga en el año 1917 y mantendrá una larga vigencia, casi cincuenta años. Este plan de 1917 resultaría parcialmente modificado por el Decreto de 1942 sobre organización de los Conservatorios de Música y Declamación, que no altera los planes de estudios, pues sólo regula el sistema

de organización del profesorado y la consideración administrativa de los conservatorios<sup>4</sup>.

- El tercer sistema de estudios es promulgado en el año 1966, y reforma muy sustancialmente el anterior plan de 1917. Experimenta también una prolongada vigencia, alrededor de 40 años.
- El cuarto y último plan, conocido como LOGSE, se promulga en el año 1990, volviendo a reformar profundamente la estructura y planes de los estudios, si bien su implantación gradual hace que ésta no resulte efectiva hasta los inicios del siguiente siglo.

En síntesis, los dos planes que realmente marcan los contenidos académicos de los estudios profesionales de música durante el siglo XX en España son el de 1917 (Real Decreto, de 24 de agosto de 1917) y el de 1966 (Decreto 2618/1966, de 10 de septiembre). Sobre ambos nos centraremos para analizar cómo discurre la formación académica del compositor. Para ello, partiremos de sendos esquemas de cada plan que recogen, en ambos, el trayecto de las materias troncales vinculadas directamente con la composición, obviando otras de carácter complementario, como la práctica instrumental.

---

<sup>4</sup> En realidad la organización académica del plan de 1917 reglamentaba exclusivamente el Real Conservatorio de Música y Declamación de Madrid. La posterior aparición de otros centros educativos en el resto de España provocó la consecuente legislación (Decreto de 15 de junio de 1942, sobre Organización de los Conservatorios de Música y Declamación).

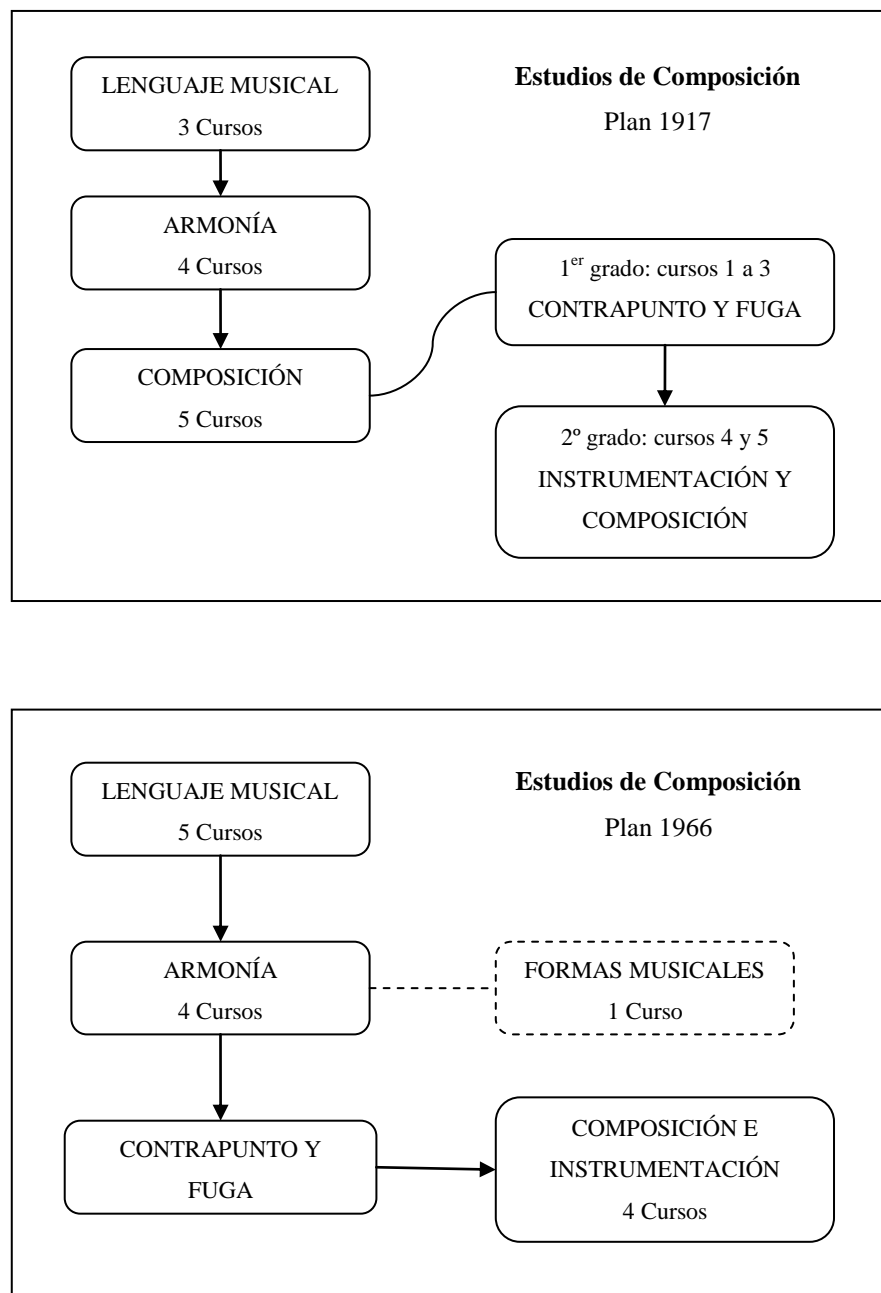
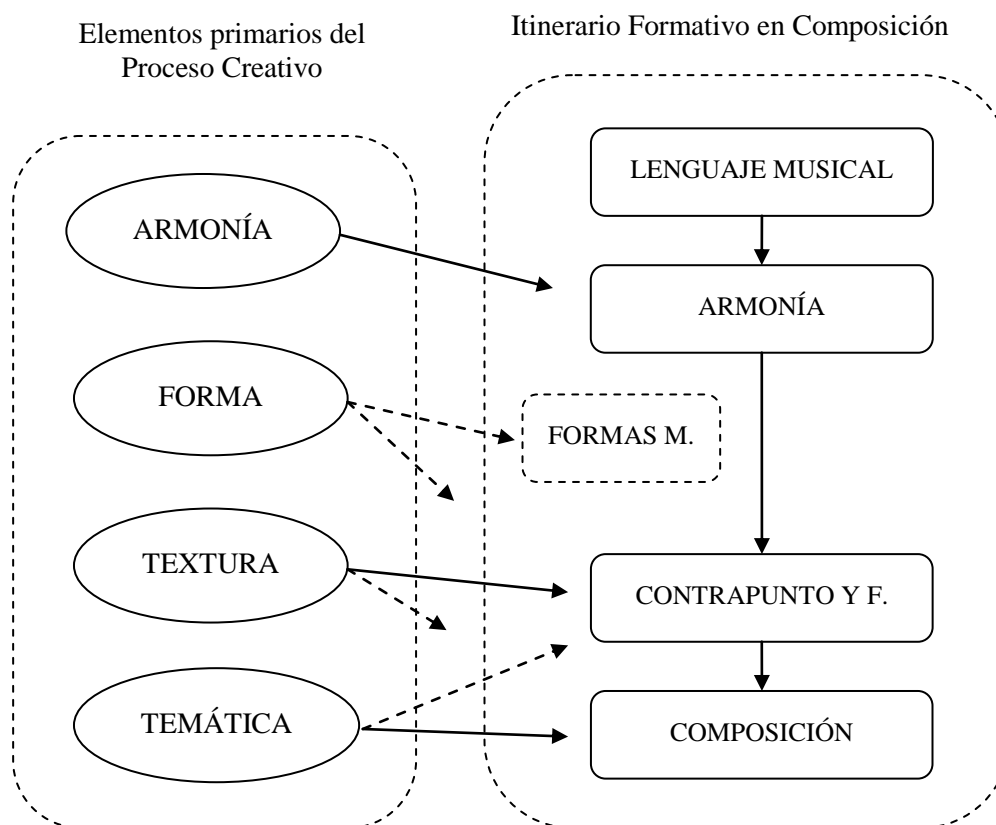


Fig. 3 - (1). Esquema del proceso formativo del de un compositor en España durante el siglo XX, según la legislación de 1917 y la de 1966.

Como puede observarse en ambos planes, muy similares, se parte de la formación previa en Lenguaje Musical. Posteriormente se accede a los estudios de Armonía, que en ambos casos resultan prolongados, cuatro cursos. A continuación se prosigue con Contrapunto y Fuga que, como ya vimos en el punto previo, trata básicamente del estudio de la textura,

para finalizar con Composición e Instrumentación. Respecto a la forma musical, como puede verse, es incluida en el Plan 66 en un único curso que podía simultanearse con los últimos dos de Armonía.

Establezcamos ahora una relación entre los cuatro elementos primarios del Proceso Creativo en la música Tonal Clásica que definimos anteriormente (Armónicos, Temáticos, Textura y Forma) y el itinerario formativo previamente expuesto. Recordemos que nuestro objetivo es estudiar qué orden ocupan esos cuatro elementos dentro del proceso creativo, para lo cual su ubicación en el itinerario formativo puede resultar esclarecedora. Para ello, recurriremos de nuevo a una representación esquemática de tales relaciones.



*Fg. 3 - (2). Distribución del estudio de los elementos primarios del proceso creativo de la Música Tonal Clásica a lo largo del itinerario formativo del compositor, en España durante el siglo XX.*

Como puede apreciarse, la Armonía ocupa un puesto preliminar, claramente destacado por los cuatro cursos que ambos planes le asignan. El estudio de la Forma es acometido posteriormente, sin gran dedicación específica, pues sólo comprende un curso en el Plan 66. Por supuesto, es común que vuelva a profundizarse en todo tipo de cuestiones formales durante los estudios de Contrapunto y especialmente de Composición. A continuación llega el momento de la Textura, intrínseca a los estudios en Contrapunto, y también tratada habitualmente en la materia de Composición.

La Temática ocupa el último puesto, no contando siquiera con una asignatura específica. Los estudios de Contrapunto incluyen considerables aspectos temáticos, abordados comúnmente dentro de la estética renacentista y barroca en los que suelen enmarcarse. La presencia de cuestiones temáticas resulta especialmente patente en los estudios de Fuga, con los que culmina el Contrapunto. Desde la propia concepción del Sujeto de fuga, pasando por los demás elementos como la Respuesta, el Contrasujeto, la construcción de Divertimentos o los Estrechos, constituyen todos ellos conceptos intrínsecamente temáticos (Gedálge, 1990).

Podríamos sospechar la inclusión de algún tipo de formación previa, en relación a la Temática, dentro de los estudios de Armonía. Sin embargo, un repaso a la principal literatura pedagógica de Armonía disponible en castellano en la época desmiente tal sospecha. Un notable número de obras no mencionan aspectos temáticos, ni siquiera puntualmente. Es el caso de textos como los de Richter (Richter, 1901), Arín y Fontanilla (Arín y Fontanilla, 1910), Scholz (Scholz, 1933), Zamacois (Zamacois, 1945), o el del mismo Schoenberg, publicado en castellano en 1979 (Schoenberg, 1922). No será hasta la segunda mitad del siglo cuando aparezcan traducidos al castellano manuales en los que se incluyen residualmente aspectos melódico-temáticos. Citaremos, a modo de ejemplo, el Curso de Armonía de Paul Hindemith, en cuya segunda parte (Hindemith, 1959) propone una serie de ejercicios que parten de ideas melódicas muy definidas, con el objetivo de crear pequeñas piezas camerísticas. O la sucinta reflexión sobre el motivo melódico y su repetición que Schenker expone en su *Harmonielehre* (Schenker, 1990: 40-46).

En vista de todo ello, nos encontramos en situación de extraer conclusiones respecto al orden que ocupan las consideraciones melódico-formales respecto a las armónicas. Resulta evidente, al menos en el proceso formativo de un compositor en España durante



el S.XX, que el estudio y adiestramiento sobre los elementos melódicos-temáticos y sus relaciones es completamente posterior al grueso de la práctica armónica. Pero iremos más allá, extrapolándolo a otros ámbitos. El caso de España, durante el siglo XX, nos ha servido como ejemplo de lo que ha sido y es también hoy en día lo más común universalmente respecto al estudio de la creación dentro de la música Tonal Clásica: la formación armónica previa a las concepciones temáticas. En extremo, ambas materias pueden llegar a tratarse simultáneamente, como en el sistema pedagógico desarrollado por Emilio Molina a través del Instituto IEM<sup>5</sup>. O en el método *Gradus ad Parnassum* de Fux, antiguamente empleado para la iniciación a la composición, según el cual las consideraciones armónico-interválicas se conjugan con las reglas contrapuntísticas. Pero lo que no conocemos, en ningún caso, es una metodología formativa que defienda el adiestramiento en toda la complejidad melódico-temática de una obra de estilo tonal clásico sin partir de una base previa de sólidos conocimientos armónicos.

A partir de aquí realizaremos la segunda extrapolación, que nos conduce hacia la conclusión final respecto al orden de aplicación de los elementos primarios de la música en el proceso de creación dentro de la Música Tonal Clásica, concretando respecto a los aspectos melódico-temáticos y los armónicos. A nuestro juicio, el proceso formativo estudiado no es si no un reflejo de lo que acontece durante el acto de creación. Un reflejo del hecho de que el compositor habitualmente cuenta con una idea armónica previa a partir de la cual elabora las ideas temáticas. Incluso en el caso de que imagine sólo melodías, éstas discurrirán sobre una escala concreta, que ya define en sí misma la idea armónica. Es decir, el compositor de una pieza de estilo tonal clásico no concibe ideas temáticas atonales, y mucho menos toda la estructura temático-formal de una pieza atonalmente, para decidir a posteriori qué armonía le aplicará. En el límite, al igual que en los ejemplos formativos previamente comentados, ambos factores pudieran llegar a ser desarrollados simultáneamente. Pero, con carácter general, la concepción armónica tiende a preceder a la elaboración melódico-temática.

---

<sup>5</sup> En su metodología de Armonía (Molina, 2003), Molina plantea aspectos temáticos a la vez que los armónicos. Cuenta incluso con una amplia obra pedagógica para la iniciación instrumental y al Lenguaje Musical en la que introduce, desde el primer momento, la improvisación en torno a estructuras armónicas y temáticas, así como el conocimiento conceptual de las mismas.

Esta conclusión, que hemos desarrollado para la Música Tonal Clásica, puede resultar también extensible, en diferentes grados, a muy diversas prácticas musicales. Desde aquellas de origen popular o étnico que se circunscriben a escalas determinadas, hasta incluso parte de la música de vanguardia occidental. Volveremos a tratar estas ideas, ampliándolas en el capítulo 4. Lo que abordaremos a continuación es la procedencia de este apriorismo de la armonía. Si se trata de un fenómeno que pudiéramos considerar natural, consustancial a la concepción humana. O por el contrario, si en él se aprecia, al menos parcialmente, cualquier fundamento de tipo convencional.

### 3.2 Apriorismo del Factor Armónico: Análisis causal

Resulta evidente que la práctica musical humana desde épocas prehistóricas ha contado con instrumentos afinados en escalas musicales. Estas escalas musicales se encuentran habitualmente definidas de una manera más o menos concreta dentro del grupo social en cuya música se aplican. Por tanto, cualquier manifestación musical interpretada dentro de tales escalas queda predeterminada armónicamente por ellas, al menos desde un punto de vista modal. Podríamos concluir así que el apriorismo armónico surge de forma natural en la práctica musical humana. Sin embargo, consideramos que este razonamiento, indiscutible en manifestaciones musicales de carácter étnico, no resulta tan claramente aplicable a una práctica musical que basa en un proceso intelectual complejo, como es el de la Música Tonal Clásica, y al que, por ello, se le puede presuponer la capacidad de decidir con mayor libertad cómo se construye.

Para estudiar qué se da de espontáneo o de convencional en el apriorismo del factor armónico habitual en el proceso creativo de la Música Tonal Clásica, tal y como ha sido descrito y analizado en los apartados previos, volvemos nuestra mirada al pasado, remitiéndonos a sus mismas raíces. Estas raíces nos retrotraen a dos momentos precursores y absolutamente determinantes en ella. Nos referimos a la Polifonía Medieval y, como base de ésta, a la teoría musical de la Grecia clásica. Comentaremos de qué manera se esboza en ambas el germen de apriorismo armónico que posteriormente

heredaría la Música Tonal Clásica, y cómo en realidad tal apriorismo aparenta no ser más que una convención, gestada a partir de aquella teoría musical griega, potenciada por los planteamientos éticos en Europa durante la alta Edad Media y asimilada de forma inconsciente y prácticamente indiscutible desde entonces y hasta nuestros días.

### 3.2.1 Los Procesos Armónicos y Temáticos según la Teoría Musical Griega

La teoría musical en la Grecia clásica, como gran parte del conocimiento helenístico, pivota sobre las figuras de Platón y Aristóteles. Platón asume los postulados musicales pitagóricos, tanto en lo relativo a las proporciones numéricas de los intervalos como a su correspondencia con las órbitas y disposiciones planetarias, la conocida como *Música de las Esferas*, con detalladas y reiteradas citas a lo largo de su obra (*La República*, *Timeo*, *Critón*). Por el contrario y en coherencia con su carácter naturalista, Aristóteles se muestra crítico respecto a tales propuestas, desvinculándose de ellas:

Resulta patente a partir de esto que la afirmación de que se produce una armonía de los (cuerpos) en traslación, al modo como los sonidos forman un acorde, ha sido formulada de forma elegante y llamativa por los que la sostienen, pero no por ello se corresponde con la realidad. A algunos, en efecto, les parece forzoso que, al trasladarse cuerpos de semejante tamaño, se produzca algún sonido, ya que también (se produce) con los próximos a nosotros, aun no teniendo el mismo tamaño ni desplazándose con una velocidad comparable: que, al desplazarse el sol y la luna, además de astros tan numerosos y grandes, en una traslación de semejante velocidad, es imposible que no se produzca un sonido de inconcebible magnitud. Suponiendo esto, así como que, en función de las distancias, las velocidades guardan (entre sí) las proporciones de los acordes musicales, dicen que el sonido de los astros al trasladarse en círculo se hace armónico. Y como parece absurdo que nosotros no oigamos ese sonido, dicen que la causa de ello es que, desde que nacemos, el sonido está ya presente, de modo que no es distinguible por contraste con un silencio opuesto: pues el discernimiento del sonido y el silencio es correlativo; de modo que, al igual que los broncistas no parecen distinguir (los sonidos) por su habituación (al ruido), otro tanto les ocurre a los hombres. Estas (afirmaciones), tal como se ha dicho antes, suenan bien y melodiosamente, pero es imposible que suceda de este modo. (*Aristóteles, Candel (trad.). Acerca del Cielo, 2008: 135*)

A partir de él, su discípulo directo Aristóxeno (s. IV a.c.), desarrolla una amplia e influyente teoría musical, considerada en cierta medida como alternativa a la pitagórica. Aristóxeno construye su teoría en base a consideraciones netamente naturalistas,

derivadas de la observación, tal y como corresponde a la escuela aristotélica a la que pertenece. Sin embargo no rechaza abiertamente las teorías pitagóricas, lo que hará que ambas teorías convivan durante los siglos posteriores, si bien con una cierta preponderancia de las teorías aristoxénicas (Tatarkiewicz, 1991: 232).

Evidentemente, no es posible evaluar de manera directa qué papel ejerce la moderna consideración de *armonía* o *procesos temáticos* dentro de la teoría musical griega, simplemente porque no existían como tales conceptos. Pero sí que podemos ponderar en la misma el peso de algunos de sus más inmediatos precursores, como son las consideraciones interválicas en el caso de la armonía, y las rítmicas en el de los procesos temáticos. La teoría pitagórica que ha llegado hasta nosotros se ocupa fundamentalmente del estudio interválico y sus variadas perspectivas, desde las netamente sensitivas hasta las matemáticas y astronómicas. Podemos encontrar en Platón citas al ritmo, sin embargo sus conceptos aparecen completamente desvinculados de cualquier principio pitagórico y, por supuesto, carentes de la trascendencia de aquellos. Se dirigen, en general, hacia la métrica silábica en la música vocal y a consideraciones éticas respecto a ella:

No hay que ir en pos de ritmos muy variados ni de pasos de toda índole, sino observar los ritmos que son propios de un modo de vivir ordenado y valeroso y, una vez observados, será necesario que el pie y la melodía se adecúen al lenguaje propio de semejante hombre, y no que el lenguaje se adecúe al pie y a la melodía. Decir cuáles son esos ritmos es función que debes cumplir tú, tal como hiciste al hablar de las armonías.

— Sin embargo, por Zeus, no estoy en condiciones de decirlo. En efecto, por lo que he visto, afirmaré que hay tres clases de pasos a partir de los cuales se forman combinaciones, así como hay cuatro clases de notas de donde se generan todas las armonías. Pero no podría afirmar qué modo de vida representa cada clase.

— En ese caso — dije —, consultaremos a Damón sobre qué pasos corresponden a la bajeza, a la desmesura, a la demencia y otros males, y cuáles ritmos hay que reservar para los estados contrarios a éstos. Creo haber oído hablar — no muy claramente — acerca de un compuesto que él llamaba 'enoplio', así como de uno dáctilo y de otro heroico que organizaba no sé cómo, igualando los tiempos no acentuados con los acentuados y que desembocaban tanto en una sílaba breve como en una larga. También hablaba, me parece, del yambo, y llamaba a otro 'troqueo', asignando a ambos sílabas largas y breves. Y a alguno de éstos, creo, censuraba o elogiaba en cuanto a los movimientos impresos al pie mismo, no menos que a los ritmos en sí mismos, o bien a alguna combinación de ambos, no puedo decirlo bien. Pero como dije, para eso debemos remitirnos a Damón; pues discernirlo nos requeriría un tratamiento extenso. ¿No te parece?

— Ciertamente, por Zeus.

— Pero al menos podrás decidir esto; ¿no depende la gracia y la falta de gracia del ritmo perfecto y del ritmo defectuoso, respectivamente?

— Por supuesto.

— Además, el ritmo perfecto se adapta a la dicción bella, asemejándose a ella; el ritmo defectuoso, a la dicción opuesta. Del mismo modo con lo armonioso y lo carente de armonía, si es que el ritmo y la armonía se ajustan al texto, como decíamos hace un momento, y no el texto al ritmo y a la armonía. (Platón, Eggers (trad.). *La República*, libro III, 1988. Pgs. 172-174)

Aristóxeno, por el contrario, se dedica en profundidad al estudio de ambos aspectos, interválico y rítmico, como se incluye por separado en sus dos obras *Elementos Armónicos* y *Elementos de Ritmo*. De la segunda de ellas no han llegado hasta nuestros días más que algunos fragmentos, si bien numerosos autores clásicos posteriores recogieron la teoría rítmica aristoxénica. Entre ellos nos detendremos en Arístides Quintiliano, autor del tratado *De Musica* que vivió entre los siglos II y IV d.c. La relevancia de la obra de Quintiliano reside en el hecho de que aglutina gran parte de la teoría y saber musical de la antigüedad clásica, en un texto de carácter casi enciclopédico sobre la materia. *De Musica* ejerció una marcada influencia sobre Marciano Capella (s. V d.c.), cuya recreación literaria de las artes liberales en su obra *De Nuptiis* constituyó un texto de referencia como soporte para su estudio, a través del *trivium* y el *quadrivium*, durante toda la Edad Media.

La obra de Quintiliano resulta esclarecedora para conocer qué valoración recibía el ritmo en relación a otros aspectos del hecho musical dentro de la tradición helenística. Su obra se estructura en tres libros (Quintiliano, Colomer y Gil, 1996):

- Libro I - Describe fundamentalmente la teoría interválica y escalística junto a sus características matemáticas. En la segunda parte del libro describe también la teoría rítmica, así como su correspondencia con la métrica respecto a un texto.
- Libro II - Dedicado a la ética musical, entendida bajo la perspectiva del *ethos* griego, y su materialización sobre diversos aspectos de la experiencia humana, como la educación o las pasiones.
- Libro III - Realiza una extensa y detallada descripción de la Música de las Esferas. No sólo de las relaciones entre concepciones astronómicas y musicales

derivadas de las supuestas coincidencias numéricas que se establecían a través de los intervalos, sino también de la extensión de estas relaciones hacia otras muchas dimensiones de la experiencia humana, como por ejemplo las proporciones del cuerpo humano o el correcto tiempo de gestación para la obtención de niños sanos y fuertes (Quintiliano, Colomer y Gil, 1996: 204-205).

Si recorremos las referencias al ritmo en la obra de Quintiliano, aparte de la amplia descripción de su teoría en el Libro I, tan sólo encontramos un comentario acerca de las características éticas de los distintos ritmos en el Libro II (pp. 152-155), junto a una breve mención, en el libro III (p.212), sobre lo apropiado de *hacer corresponder a cada planeta la naturaleza del ritmo y de los instrumentos que conviene a su sistema [armónico]*. Es decir, frente a la enorme trascendentalidad de todo el hecho interválico y escalístico, sobre el cual se recrea ampliamente a lo largo de todo el libro III, los únicos atisbos de la misma respecto al factor rítmico proceden de estos comentarios y, lejanamente, de las proporciones matemáticas que presentarían algunos de los pies métricos (Libro I, p. 87).

Por tanto, a la luz de la obra de Quintiliano, que se encuentra en coherencia con las de sus contemporáneos, podemos afirmar que la tradición musical griega desarrolló y consolidó una sólida teoría y conocimiento tanto del plano interválico como del rítmico, elaborando incluso diversos sistemas de notación para ambos que han permitido llegar a recuperar fragmentos musicales arcaicos, como el célebre Epitafio de Seikilos. Sin embargo, de forma arbitraria a través de la Teoría Musical de las Esferas, canalizó sus características trascendentales fundamentalmente hacia al plano armónico-interválico, lo que implicaría importantes consecuencias con la llegada del Cristianismo durante los dos siguientes milenios.

### 3.2.2. Neopitagorismo, Cristianismo y Ritmo

Tras sucederse muy diversas escuelas y prácticas filosóficas, como la estoica, la epicúrea o la escéptica, por citar algunas de las más significativas, a partir del siglo III de nuestra era resurge la filosofía platónica a través de la conocida como corriente neoplatónica. Con una reinterpretación que será adoptada por diversos líderes de un emergente Cristianismo, como es el caso de San Agustín, quien entra en contacto con esta corriente de la mano del sacerdote y seguidor neoplatónico Simpliciano en su estancia en Milán, en torno al año

385. La magna influencia de San Agustín en toda la posterior teología cristiana, con la plena asunción de las ideas platónicas adaptadas a la misma, conduce a la absoluta aceptación de toda la teoría musical pitagórica dentro del seno de la Iglesia. Una teoría además conveniente a los principios cristianos, al situar la consideración musical en un plano ideal astronómico y numérico, directamente vinculado a la divinidad. Radicalmente alejada, por tanto, de las características dionisiacas que la música puede comportar y que en general trató de evitar el Cristianismo desde sus mismos orígenes, como nos recuerda en su *Protréptico* Clemente de Alejandría (finales del s.II d.c.), uno de los Padres de la Iglesia:

A mí me parece que aquel tracio Orfeo, el de Tebas y el de Metimna, hombres tales que no eran hombres, se convirtieron en unos impostores que, con la excusa de la música, han destruido la vida; poseídos por los demonios, mediante un hábil encantamiento, llevan a la perdición; celebran, como si fueran ceremonias religiosas, actos de orgullo<sup>6</sup>, divinizan las ceremonias fúnebres y han sido los primeros en guiar de la mano a los hombres hacia los ídolos. Sí, a las piedras y maderas, es decir, a las estatuas y pinturas, estableciendo la costumbre más vil, al haber unido aquella que, en realidad, es la hermosa libertad de los ciudadanos bajo el cielo a la peor esclavitud mediante cantos y encantamientos. (*Alejandría, en traducción de M<sup>a</sup> Consolación Hernández, 1994: 42*)

Desde su completa recuperación, el platonismo, y de su mano el pitagorismo, mantendrá su fuerte influencia durante más de un milenio en todo el mundo cristiano occidental. A él se agregarán nuevas vías filosóficas, como la restauración del empirismo aristotélico por parte de la escolástica de Santo Tomás a partir del s.XIII, pero más como un complemento a la filosofía previa que como un cuestionamiento de la misma. De esa manera llegamos a un científico de la talla de Johannes Kepler, quién todavía a principios del s. XVII acometería notables esfuerzos para concordar sus revolucionarias investigaciones astronómicas con la teoría pitagórica de la Armonía de las Esferas, teoría que obviamente consideraba absolutamente verídica y fundada.

Una de las principales vías de difusión de la teoría musical en Europa occidental durante la alta Edad Media, e incluso más tardíamente, se produce a través del *quadrivium*, en su apartado específico de Música. El *De Institutione Musica (Sobre la Música)* de Boecio

---

<sup>6</sup> Encontramos otras traducciones que en vez de la palabra *orgullo* transcriben *orgía*, lo cual pudiera resultar más coherente en el contexto. Hemos recogido esta versión por constituir en su conjunto la más autorizada en lengua castellana.

(480-524 d.c.), paradigma del neopitagorismo musical, se establece como uno de los textos más representativos para dar soporte a este apartado. Junto a él, y en completa concordancia con él, encontramos otros textos empleados en la docencia del quadrivium, como las *Etimologías* de San Isidoro, *De Nuptiis* de Martiano Capella, o el *De institutione divinarum litterarum* de Casiodoro, entre los principales. Dicha teoría es plenamente respaldada por parte de los pensadores cristianos, que aprecian de forma reiterada en la belleza numérica de proporciones musicales del cosmos el reflejo de la voluntad y la belleza divina. El filósofo Juan Escoto Eriúgena (s.IX) constituye uno de los más claros exponentes de este pensamiento. Para él, el cosmos es una teofanía, y en todos sus aspectos es un símbolo de la realidad superior. El mundo físico ha sido creado tan sólo por compasión, para conducir de nuevo a la humanidad al estado angélico del que originalmente cayó (Godwyn, 2009: 141). Y ese cosmos responde a una organización vinculada directamente a los intervalos musicales, con un papel relevante reservado a aquellos consonantes, como la octava:

Así, se encontrará una octava, como parece a los sentidos de los mortales, en los puntos por encima del Sol y en los lugares que están por debajo de él. El Sol está unido a la Esfera [celeste] por una octava. Y primero tiene una cuarta con la Luna: el Sol produce un tono con Venus, Venus otro tono con Mercurio, la Luna un semitono con Mercurio. Pero suena una quinta en los mismos espacios cuando Venus produce un tono con el Sol, Mercurio un tono con Venus, la Luna un semitono con Mercurio, y la esfera de la Luna otro tono. Adviértase que estos tonos, puesto que se calculan desde la Tierra hasta una esfera (tal como el tono de la Tierra a la Luna) no están en las proporciones de las notas, sino en los intervalos de los lugares de los tonos, de los que hay muchas especies. Por lo tanto, por los tonos [comprendemos] los intervalos de los astros, por ejemplo, a qué distancia está uno de otro y a qué distancia está la Luna de la Tierra. Estos tonos varían según la diversidad de las órbitas y los círculos. Marciano define esta especie de tonos diciendo: un tono es un espacio con una cantidad legítima, especie que en música recibe el nombre de intervalo [diastema]. Hay tonos de tiempos, en su duración y brevedad constitutivas.

Hay tonos de espíritus, en la densidad y delgadez de las voces. Hay tonos armónicos - los que ahora consideramos -, en la profundidad y la altura de los sonidos a partir de los cuales se constituye la proporcionalidad de las armonías. Por consiguiente, igual que en un órgano no se considera en qué lugar está un tubo, pero según qué tipo de voz tenga, y a cuántos y a qué otros se una, y qué proporciones forme un tubo cualquiera cuando se acopla con otros diferentes, ello crea armonías diferentes; aun así, no es la posición de los astros sino su sonido lo que conforma la armonía celeste. (*Juan Escoto Eriúgena, Commentary on Martianus Capella, manuscrito del siglo IX que se encuentra en la Bodleian Library, Oxford (Ms. Auct. T.II.19), fols. 11' - 15'. Traducido a partir de la versión inglesa del editor. En Godwyn, 2009: 144-145).*



En cuanto al ritmo, observamos que el Cristianismo temprano parece no adoptar una posición estrictamente diferenciada de la tradición hasta ese momento. La mayor referencia al respecto procede de San Agustín, quien dedica los seis libros de su *De Musica* a la métrica y el ritmo. Sin embargo, el propio San Agustín se abstiene inicialmente de proponer una relación directa y clara entre fenómenos rítmicos y consideraciones trascendentales, más allá de derivada de las proporciones matemáticas asociadas los pies métricos. Esta sí aparece en cambio como alegato metafísico, al dedicar el sexto de los libros a defender la procedencia divina del orden numérico, que se presentaría bajo cinco diferentes facetas en la experiencia rítmica humana, pero sin establecer tampoco correspondencias concretas como las de la intervállica:

Pues incluso aquellos [ritmos] «de avance», cuando en el cuerpo acometen alguna operación «numérica», se ven regulados por las indicaciones latentes de estos («del juicio»). Lo que, en efecto, nos refrena y cohibe sea de pasos desiguales al andar, sea de intervalos desiguales al «percutir», sea de desiguales movimientos de las mandíbulas al comer y al beber; en fin, de trazos desiguales de las uñas al rascar; y, para no seguir el recorrido por otras muchas operaciones, lo que en cualquier intento de hacer algo mediante los miembros del cuerpo nos refrena y nos cohibe de los movimientos desiguales y nos impone de forma tácita una cierta igualdad, eso en sí es un no sé qué «del juicio» que hace presente a Dios creador de lo animado, a quien ciertamente procede creer promotor de toda conveniencia y concordia. (*San Agustín, 2007: 376*)

Después de realizar su exposición sobre la métrica y el ritmo durante cinco libros, y a falta de una tradición que vinculase directamente la esencia rítmica con fenómenos celestiales, parece que San Agustín pretendiera, a través de la extensa disertación del VI libro, establecer de forma imprecisa dicho vínculo. Tras este intento de San Agustín, el ritmo pasa a ocupar en la teoría musical de la alta Edad Media una patente menor atención frente al hecho interválico. Boecio prácticamente ni lo menciona en su *De Institutione Musica*. Casiodoro (c.485-580) y San Isidoro (c.556-636) recogen algunas referencias métricas en sus respectivas obras. Y tal será la tendencia en posteriores tratados de cierta relevancia, que no encontramos ya hasta el s.IX, como *Musica Disciplina* de Aureliano de Reome, el mismo *Scholia Enchiridis* o el *Micrologus* de Guido D'Arezzo (Fassler, 1987: 166-169). Dentro de este enfoque métrico de orden práctico, no trascendental, los comentarios suelen versar sobre la conveniencia de aplicar los diferentes pies rítmicos al texto, o la adecuada alternancia de sílabas largas y breves, como encontramos descrito en el capítulo XV de *Micrologus* (La Duke, 1943: 56-58).

Aparecen referencias rítmicas en otros tantos tratadistas como Remigio de Auxerre, Hucbaldo o Alberic de Montecassino, pero siempre en la misma línea métrica, distante de planteamientos trascendentales, tan sólo con alusión a algunas proporciones numéricas, especialmente la proporción 2 a 1 entre sílabas largas y cortas que defiende insistentemente Hucbaldo (Vollaerts, 1960: 199). Y es que, tras el intento de trascendencia realizado por San Agustín, parece que los pensadores cristianos hubieran dirigido su atención rítmica estrictamente hacia la métrica práctica, sin mayores consecuencias filosóficas y como estricta vía de apoyo al texto que contiene el mensaje religioso y cuya difusión es, en último término, el principal interés respecto a la música.

Si, en complemento a las consideraciones teóricas, evaluamos el factor rítmico desde el punto de vista de la escritura musical durante la Edad Media, es sobradamente conocido cómo la escritura se centra en la evolución de alturas y la interválica, en una práctica muy extendida en los ámbitos religiosos y de la cual nos ha llegado un extenso número de fuentes. Fundamentalmente a través de la escritura neumática en *campo aperto* sobre el texto, a la que se le aplicarán líneas a partir del s. X. Sin embargo, frente al esfuerzo en el registro de alturas, el ritmo experimenta una significativa desatención de escritura. Reese diferencia tres escuelas de opinión al respecto (Reese, 1989: 176-185). La primera, la de los *acentualistas*, que en síntesis defienden que no existe registro del ritmo y el único matiz rítmico procede de los acentos del propio texto. La segunda, la de *Solesmes*, afirma que determinados signos agregados a los neumas indican prolongaciones en la duración del sonido. Por último, la de los *mensuralistas*, establecen que tales signos reflejan una precisa proporción en la duración de 2 a 1. La diversidad de opiniones deja al descubierto cómo, en oposición a un registro de la altura de notable precisión, especialmente desde el desarrollo de la escritura en *campo cerrado*, la notación del ritmo se mueve en un terreno indefinido que, en el mejor de los casos, como defienden los mensuralistas, llegaría tan sólo a registrar la proporción de 2 a 1. El propio Reese concluye con una esclarecedora reflexión a partir de las tres escuelas:

Si, en realidad, las 3 corrientes modernas de opinión tienen alguna justificación histórica, de ésta se deducirá que el temprano ritmo gregoriano no estaba sistematizado en absoluto de un modo definitivo para una aplicación de carácter universal. A pesar de lo dicho, si los grupos corales tenían que entonar el canto, entonces se tuvo que crear algún medio para mantener conjuntados a los cantores, y es posible que cada monasterio o grupo de éstos crease un método propio, debido quizá más a las consideraciones puramente prácticas derivadas de las necesidades de la

interpretación que a cualquier otra consideración teórica o al reconocimiento claro y consciente del ritmo como elemento musical que merecía plenamente una unificación comparable a la del perfil melódico. Es probable que las letras romanillas, representen un uso local que, con el tiempo, llegó a tener una aplicación bastante amplia, y que estos mismos signos proporcionen una indicación de la transición, en líneas generales, a la sistematización rítmica de la música occidental, conseguida, sólo tras largas tentativas, en el siglo XIII. (Reese, 1989: 184)

Es de suponer que las *largas tentativas* que Reese menciona se refieren a la *modalidad rítmica* empleada en el ámbito de la Escuela de Notre Dame en torno al s. XII. Aunque efectivamente, no será hasta el s.XIII ya a las puertas del Ars Nova, de la mano de Johannes de Garlandia y, especialmente, de Franco de Colonia, cuando se establezca un sistema plenamente organizado para el registro del ritmo, que llegaría a extenderse y a dar pie al posterior sistema de medida empleado en pentagrama hasta nuestros días.

En definitiva, la conformación de la escritura musical durante la Edad Media, reflejo de la música práctica que se interpretaba en aquél momento en el occidente cristiano culto, se encuentra en absoluta concordancia con las reflexiones que recogen sus tratadistas teóricos, arrojando una atención hacia el factor rítmico ciertamente por detrás de la que suscitaba el control de las alturas, el cual quedaba confiado a la métrica del texto. Una desproporción en la atención que, creemos evidente, no responde a ningún tipo de fundamento natural o consustancial a la propia esencia de la creación musical. Por el contrario, encuentra su origen en una manifiesta convención. La derivada de los planteamientos éticos cristianos y el decidido sustento de éstos sobre la teoría musical de las esferas y su vinculación interválica, lo que pudo operar en detrimento de otros aspectos, como los rítmicos. Consideramos que tal convención condicionó los procesos de composición de la música religiosa occidental, tanto en su perspectiva técnica como en su resultado estético. Inicialmente de la monodia religiosa y posteriormente en la polifonía que a partir de ella se desarrolló, terminando finalmente por marcar también el camino de la música profana y de toda la música culta generada en el occidente europeo.

### 3.2.3. Apriorismo armónico a partir de la polifonía cristiana

Hemos evaluado la superior consideración recibida por el hecho interválico frente al rítmico a lo largo de la alta Edad Media en el occidente cristiano. Hemos indagado en sus causas, que se retrotraen a los planteamientos pitagóricos y muy probablemente al rechazo hacia las connotaciones dionisiacas de la música, tan explícito en los Padres de la Iglesia. Cabe ahora preguntarnos cómo hubiese surgido la polifonía o la complejidad musical en Europa de no haberse impuesto la religión cristiana en el continente. Es evidente que los adelantos intelectuales y técnicos tarde o temprano hubiesen generado sistemas de complejidad polifónica, como los aparecidos en Asia, al menos en la India o en Java con su gamelán. Incluso formas de escritura musical para ella desvinculados de la música religiosa. Y es asimismo muy probable que tanto el ritmo, al que la tradición aristoxénica dedicó atención en la Grecia clásica, como otros factores de la experiencia musical no hubiesen resultado minimizados frente al hecho interválico. Se trata de un camino que, a la postre, terminaron explorando las vanguardias del siglo XX, precisamente mediante el frecuente procedimiento de desprenderse y desinhibirse del peso de la tradición, con no poco escándalo para muchos de sus contemporáneos. Y para el que incluso se vieron en la necesidad, en diversos casos, de elaborar nuevos sistemas de grafía musical que superasen las restricciones del convencional.

Sin embargo la historia es la que es. La polifonía occidental se gestó en los entornos eclesiales y monásticos desde del siglo IX. La escritura musical, que facilitó dicha gestación, se desarrolló para registrar los cantos religiosos. A partir de la revisión realizada del trayecto que condujo al momento de génesis de la polifonía, deducimos cómo inicialmente el foco principal de preocupación en la creación polifónica lo constituyeron las relaciones interválicas y, si acaso, la correcta organización del texto respecto a la música. No encontramos una escritura rítmica elaborada hasta avanzado el s.XIII. La verdadera liberación del cantus firmus y el control de los procesos temáticos comienza a producirse a partir del siglo XV. Aún con ello Zarlino, ya en el siglo XVI, no sólo defendía plenamente la teoría de la Música de las Esferas, sino que afirmaba la íntima relación con ella del acorde perfecto mayor, lo que llevaría unos años más tarde a Johannes Lippius a vincular la triada perfecta con la Santísima Trinidad. Al igual que Zarlino, los tratadistas renacentistas y posteriores mantienen su prioridad de estudio sobre el factor armónico. El *hallazgo* y descripción a mediados del s.XVIII, por parte de

Rameau, de los principios de la Armonía Tonal no hará sino reforzar el papel del hecho armónico, en una época en la que, de la mano de la Ilustración, las consideraciones de orden trascendental comenzaban a declinar.

Esta trayectoria ha sido la causa, a nuestro juicio, de esa inercia de focalización apriorística respecto al plano armónico sobre el que se sustentó el proceso de creación, inicialmente en la polifonía medieval, para posteriormente transmitirse a la polifonía renacentista y a la Música Tonal Clásica. Una inercia que ha llegado hasta nuestros días, por supuesto en lo relativo a la Música Tonal Clásica, pero también en el ámbito de tantas músicas derivadas o influenciadas por ella, como el mismo jazz o la música pop-rock. Incluso la música de vanguardia del siglo XX, como analizaremos en el siguiente capítulo, queda considerablemente afectada por tal concepción apriorística. Aún contando con la perspectiva histórica de la que actualmente gozamos, la apriorización y sobredimensionamiento del plano armónico reside todavía en el subconsciente incluso de los teóricos más refinados. Es la única explicación, por ejemplo, para que una obra de la talla del Diccionario Harvard de la Música, en su extensa entrada dedicada a la Grecia clásica y a su teoría musical (Randel, 1999: 485-489), prescinda de incluir la más mínima mención sobre el ritmo. Por tanto, no podemos dejar de sorprendernos por las radicales consecuencias derivadas de esa peculiar idea que constituyó la fuente de inspiración de Pitágoras. Unas consecuencias extendidas recientemente por la globalización hasta impregnar hoy en día la práctica musical por todo el mundo, y cuyo germen vio quizás la luz hace miles de años en la mente de algún erudito babilonio<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> El filósofo neoplatónico Jámblico (s.III-IV d.c.) describe en su *Vida Pitagórica* la larga permanencia de Pitágoras en Oriente Próximo, se desconoce con qué grado de verosimilitud. Según la tradición que él recoge, estudió astronomía y geometría durante veintidós años en Egipto. Posteriormente se trasladó otros doce a Babilonia donde, formado por los magos babilonios, llegó a la cumbre de la aritmética, la música y las demás disciplinas. Regresó a Grecia a la edad de 56 años, donde fundó su escuela (Jámblico, 2007: 36).

### 3.3 El concepto de Imbricación Armónica

El apriorismo armónico, tal y como ha sido hasta ahora planteado, pareciera circunscribirse a procesos musicales polifónicos, que son lógicamente las situaciones naturales en las que se desarrolla la experiencia armónica. Sin embargo, una única melodía, sin el más mínimo rasgo polifónico, puede indicar con notable claridad colores armónicos asociados a ella. En la Música Tonal Clásica se trata de un hecho común, pues muchas de las melodías adscritas a tal estética llegan a mostrar con cierta precisión una determinada evolución funcional armónica inherente. Tal hecho constituye una forma de extensión del apriorismo armónico, dado de que un compositor enfrentado al empleo de cualquiera de ellas en su composición se encontrará sin duda condicionado por el color armónico implícito en dicha melodía.

En sentido inverso, una melodía compuesta a partir de un esquema armónico previo tenderá a reflejar en su perfil melódico el contenido armónico en el que se apoya. Por tanto, el apriorismo armónico puede ejercer su condicionamiento de forma bidireccional, del plano melódico hacia el armónico o viceversa. No hemos localizado autores que traten específicamente esta acción del apriorismo armónico desde el punto de vista conceptual. Por ello, y como hemos de recurrir repetidamente a dicho concepto en lo sucesivo, hemos decidido referirnos a él como *Imbricación Armónica*.

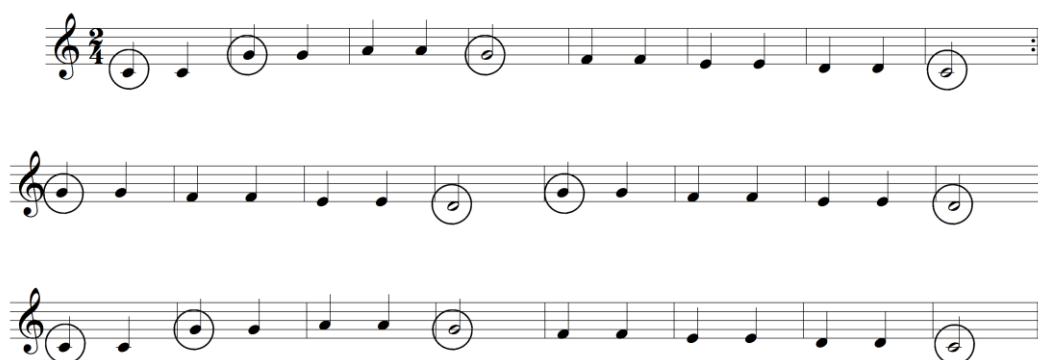


Fig. 3 - (3). Notas de apoyo en la melodía popular francesa *Ah, vous dirai-je, Maman*.

Para completar un perfil de este concepto, nos apoyaremos en un conocido ejemplo del repertorio clásico, la melodía popular francesa *Ah, vous dirai-je, Maman*, un anónimo original de la primera mitad del s. XVIII, empleada recurrentemente por muy diversos compositores. Si analizamos las características de su evolución melódica observamos cómo las notas de apoyo en la primera frase son Do y Sol, resaltadas con círculos, lo que evoca en conjunto un acorde de Do. En la segunda frase las que destacan son Sol y Re, evocando en este caso una armonía de Sol. Se repite finalmente la primera frase, volviendo al acorde de Do. Es decir, bajo una perspectiva armónica tonal encontraríamos imbricada una habitual sucesión Tónica - Dominante - Tónica.

La melodía ha sido utilizada, entre otros, por W. A. Mozart, en quizás la más conocida de las obras que la emplean, sus célebres *Variaciones para Piano KV300e*, cuyo tema es precisamente dicha melodía. Observemos cómo trata Mozart el tema:



Fig. 3 - (4). Tema de las Variaciones para Piano KV 300e de W.A. Mozart.

En coherencia con la imbricación armónica de la melodía, durante la primera frase predomina la función Tónica, con un pedal inicial de 4 compases y una cadencia final sobre ella. La segunda frase discurre sobre un pedal de Dominante en su práctica totalidad. La tercera frase es una repetición literal de la primera. Contrastemos la versión de Mozart con la pieza de otro autor, también unas variaciones a partir del mismo tema, en este caso a cargo de Johann Christoph Friedrich Bach:



Fig. 3 - (5). Tema del Allegretto con Variaciones Wf XII: 2 de J.C.F. Bach

La realización de J.C.F. Bach resulta en apariencia menos determinante, pues alterna insistentemente, durante casi todo el tema y a ritmo de negra, la función Tónica y la Dominante. Sin embargo, si observamos detenidamente, durante la primera frase todas las partes fuertes de compás se apoyan siempre en función Tónica, mientras que en la segunda corresponden siempre a función Dominante. Es decir, la imbricación armónica de la melodía ha impuesto una vez más su fuerza, condicionando también la realización de J.C.F. Bach.

En conclusión, tal y como se constata a través de este ejemplo, la imbricación armónica puede llegar a ejercer un paradójico apriorismo armónico a partir de un discurso estrictamente melódico-temático. A la inversa, una estructura armónica apriorística tiende a imbricar armónicamente la melodía que a partir de ella se compone. Tal apriorismo resulta especialmente patente e impositivo en el ámbito de la Música Tonal Clásica. De hecho, la imbricación armónica tonal, como la observada en *Ah, vous dirai-je, Maman*, suele ser empleada como rasgo diferenciador para evaluar la antigüedad de una melodía popular, dado que las melodías arcaicas carecen obviamente del mismo. Además, en este rasgo reside probablemente una de las razones por las que primero el Romanticismo Nacionalista de finales del s.XIX y posteriormente las Vanguardias del s.XX recurrieron



a un uso intensivo de tales melodías folklóricas, frecuentemente de claros tintes pretonales. En conjunción con la estética nacional o popular que deseaban recrear, sin duda descubrieron en ellas una útil herramienta de apoyo para transitar el camino emprendido de liberación del yugo de la Armonía Tonal Clásica.



## 4 El Contexto Estético: Una propuesta

---

Una vez definido y analizado el apriorismo del factor armónico durante el acto creativo en la música tonal, así como sus orígenes y causas, nos centraremos en el estudio del marco estético en el que surge la propuesta de *Designing Music*. El objetivo inmediato es evaluar hasta qué punto pueden haberse producido precedentes a ella. Nuestra tesis parte de la base de que, de una forma sistemática, y salvo contadas excepciones como la de Jesús Rueda, que más adelante se comenta, no se han dado prácticas artísticas similares. Sin embargo sí es cierto que, desde finales del siglo XIX, en la infinitud de innovaciones estéticas desarrolladas por el arte de vanguardia se han explorado modelos de relación entre el proceso armónico y el formal-temático diferentes al tradicionalmente empleado en la música tonal. Dentro de estos modelos, es de nuestro interés aquellos que establecen una marcada independencia entre el proceso armónico y el formal-temático, al ser éste un aspecto característico de *Designing Music* y, en cierto modo, uno de los vínculos más acusados que presenta con sistemas precedentes. En dichos modelos pondremos el foco, evaluando los rasgos de los mismos que conducen hacia tal independencia.

Tras la situación contextual, contaremos con la información suficiente como para formular la propuesta concreta de *Designing Music*. Tal formulación parte, por un lado y como no puede ser de otra manera, de su contexto estético. Por otro, se apoya en el concepto de apriorismo armónico, tal y como ha sido descrito en el capítulo 3, y más específicamente de la posibilidad de inversión del mismo.

## 4.1 (In)Dependencias entre el Factor Armónico y el Temático-Formal en la Música Postonal

La música postonal, también conocida como música de vanguardia, se refiere a aquellas corrientes artísticas musicales que surgen a partir de la última década del siglo XIX, en la sociedad occidental, y que tienen como fin la elaboración de sistemas creativos netamente diferenciados del que había imperado durante los siglos precedentes, basado en la tonalidad clásica y en unos esquemas temático-formales muy delimitados.

Dentro de la música de vanguardia se produce una constelación de tendencias, frecuentemente condicionadas y diferenciadas por el lugar geográfico en el que nacen, pero coaligadas todas ellas por la intención común de superar el marco creativo clásico-romántico. Para llevar a cabo esta tarea de superación los compositores operan en muy distintos ámbitos al enfrentarse al acto creativo, como el puramente estético, el conceptual o, por supuesto, el ámbito técnico. Muy vinculados entre sí, uno de los procesos destacables en relación al último es la profunda toma de conciencia respecto a los factores que intervienen en la experiencia musical y, por tanto, durante el acto creación de la misma. Tras la toma de conciencia sobre tales factores el siguiente paso conducirá inexorablemente a explorar su independencia a través de la libre manipulación de cada uno de ellos. El fin último, como corresponde a la actitud de vanguardia, no será otro que la búsqueda de nuevos caminos expresivos lo cual, de hecho, se producirá en muy diversas direcciones.

Encontramos uno de los mejores ejemplos de indagación sobre la independencia de los factores técnicos durante el acto creativo en el tercer movimiento de las *Cinco piezas para orquesta op.16* de A. Schoenberg, a través del cual el autor plantea la posibilidad del *Klangfarbenmelodie*. Recurrimos a las palabras de Tomás Marco para destacar este hito de la independencia:

En la tercera de las piezas, titulada simplemente *Farben* (Colores), Schönberg realiza un extraordinario hallazgo de independencia del timbre. Toda la pieza está construida sobre un acorde básico. Este acorde, así como las notas que lo integran y sus relaciones, es la única materia armónica, melódica y temática de la pieza. Va pasando por distintos estadios de orquestación y de aplicación de timbres distintos, de tal manera que básicamente es un único material coloreado de

maneras distintas. El timbre adquiere aquí un valor constructivo absoluto que jamás había tenido antes en la música occidental y el hallazgo tendrá largas consecuencias mucho más allá de la obra schönbergiana. De hecho, la construcción sobre el elemento tímbrico será una constante en la música de la segunda mitad del siglo XX. (Marco, 2002: 89)

Volviendo la mirada hacia el factor armónico y el temático-formal, la libertad armónica con la que la música de vanguardia parece desenvolverse desde sus inicios puede hacer presuponer una cierta independización entre ambos. Siendo cierto, como veremos más adelante, que ésta se va a producir, sin embargo lo hará en general de manera limitada, especialmente durante la primera mitad del siglo XX. De hecho, una notable proporción de la música de vanguardia de aquellas décadas conservará, en muchas de sus dimensiones, comportamientos completamente conexos con los previos clásico-románticos. Tal conexión afecta también a las relaciones entre el aspecto armónico y el temático-formal, manteniéndose en gran medida, no sólo el apriorismo armónico, sino también el sometimiento del plano temático al armónico, es decir, la imbricación armónica tal y como ha sido planteada en el capítulo previo.

Para contrastar el alcance de tales presupuestos, y a modo de ejemplo, nos detendremos en el análisis de una pieza correspondiente a uno de los compositores de referencia en la música de vanguardia de las primeras décadas del siglo XX. En concreto, una breve creación de Béla Bartók, la *Danza de los Dragones*, nº 72 de la colección Mikrokosmos para piano, compuesta entre los años 1926 y 1939. Aunque se trata de una obra de carácter pedagógico, y de dimensiones reducidas, los procesos estéticos y constructivos que en ella operan resultan paralelos a los que pueden aparecer en obras de mucha mayor envergadura, tanto del propio Bartók, como de diversos autores<sup>8</sup> de música de vanguardia contemporáneos a él. Para facilitar la exposición, en la propia partitura se plantea un análisis esquemático de la armonía y del contenido temático que comentaremos a continuación.

---

<sup>8</sup> Bartók y otros autores, como Stravinsky, con un cierto grado de fidelidad hacia estilos precedentes han sido adscritos al llamado movimiento Neoclásico. Aún con estéticas y personalidades muy diferenciadas, en todos ellos resultan apreciables procedimientos técnicos compositivos de similar naturaleza (Morgan, 1999: 202).

# DRAGONS' DANCE

**A** Molto pesante,  $\text{♩} = 104$  M M'

72 Escala Acústica, centro tonal Sol →

**B** Mi Lidio →

**A'** E. Acústica, centro tonal Sol →

( Recuerdo de Mi Lidio ) E. Acústica, c. t. Sol

Fig. 4 - (1). Danza de los Dragones, N° 72 de la colección Mikrokosmos de B. Bartók.

Como suele ocurrir en Bartók, el planteamiento armónico resulta minucioso. La armonía no es en absoluto tonal pero sí netamente modal, con un centro tonal, Sol, claramente establecido por toda la primera sección (A). Esta primera sección se construye sobre la conocida como *escala acústica*, una escala derivada del modo lidio muy frecuentemente

empleada por Bartok. Incide especialmente en el intervalo de 2ª Mayor y de Tritono, también muy característicos de la estética bartokiana. La insistencia en esta intervállica crea una disonante tensión armónica que se relaja cadenciando en la tónica (compás 8) con la consonancia de 5ª Justa. En el plano temático, toda la sección se basa en una idea motívica (M y M') en espejo entre ambas manos, y recurrente, que evoluciona sobre un intervalo de 4ª.

La sección B es una sección de contraste. El centro tonal varía hacia Mi acompañado de su 3ª (Sol#). Como elemento de contraste destacamos que ninguno de ambos sonidos había aparecido a lo largo de A. La modalidad se vuelve ahora hacia un Mi lidio puro. Y destaca el incremento de la tensión disonante, con la repetida insistencia en las partes fuertes de compás de la simultaneidad de dos tritonos: Mi-La# y Re-Sol# (cc. 12 al 15). Temáticamente continúa la presencia de los mismos motivos que se empleaban en A, si bien invertidos entre ambas manos.

Por último la sección A' es una recapitulación, que conserva rasgos de las dos secciones previas. Regresa a un centro tonal Sol y a un modalismo sobre la escala acústica, en esta ocasión simultaneándolo con su 3ª (Si), como ocurría en la sección B. Tras un breve recuerdo a la sonoridad lidia de Mi, se apoya en un Do# (c.23) que conduce a la cadencia final sobre Sol en consonancia de 5ª Justa, destacando de nuevo el intervalo de Tritono como elemento de tensión. Temáticamente se centra en el motivo M', con ligeras transformaciones, entre ellas de nuevo la inversión del mismo en los cc. 21 y 22.

El análisis nos muestra, en consecuencia, cómo en la obra los elementos temáticos se encuentran radicalmente sometidos al plano armónico. Por un lado, contenidos en las escalas predeterminadas, acústica (A) - lidia (B) - acústica (A'), cuyas tónicas determinan la evolución de centros armónicos. Por otro, incidiendo en determinadas simultaneidades sonoras que a Bartok le interesa destacar, especialmente la de Tritono. Por ello, dada la minuciosidad del planteamiento armónico, y el sometimiento de la temática al mismo, se pone en evidencia una concepción armónica radicalmente apriorística respecto al planteamiento temático, que queda completamente condicionado, es decir, imbricado por ella. En definitiva, un apriorismo e imbricación tan acusados como los que pueden apreciarse en cualquier obra de Haydn o Mozart, constatándose cómo la temática resulta

absolutamente dependiente de tal apriorística y concienzuda planificación armónica durante el acto creativo.

Dado que nuestro objetivo es precisamente la vía contraria, la independencia entre ambos factores, nos hemos detenido en este ejemplo precisamente por delimitar nuestro campo de estudio. Y poner de paso de manifiesto, a través de él, cómo la música de vanguardia, en especial la de las primeras décadas del siglo XX, puede llegar a retener más aspectos clásico-románticos de los que en un principio pudieran apreciarse. Dentro de estos aspectos, el apriorismo armónico va a permanecer con toda su fuerza en la práctica compositiva, no sólo en la música de Bartok, sino en una considerable mayoría de la música de vanguardia no aleatoria producida a lo largo del siglo XX, llegando hasta nuestros mismos días.

Para perfilar esta afirmación, rastreadremos entre aquellas escuelas y estéticas del último siglo en las que pudiera apreciarse un mayor grado de independencia entre el factor armónico y el temático durante la concepción creativa de la obra. Y nos detendremos en aquellos sistemas que podemos considerar, por su trascendencia artística, influencia y claridad de planteamientos técnicos, más significativos al respecto. Entre ellos es posible destacar, por orden cronológico:

- Sistemas que simultanean planos armónicos dispares (Politonalidad)
- Sistemas que apriorizan el factor armónico (Serialismo)
- Sistemas que desatienden el factor armónico (Pandiatonismo y Aleatoriedad)
- Sistemas que estatizan el factor armónico (Minimalismo)

Evaluaremos a continuación en esta selección de sistemas de qué manera se produce dicha independencia. En qué grado llega a alcanzarse, sus características y la naturaleza técnica de la misma. Resultando tal independencia básicamente incipiente en el caso de la Politonalidad, se verá consolidada en las restantes tendencias, muy especialmente a través de la desatención del factor armónico.



#### 4.1.1 Sistemas que simultanean planos armónicos dispares - Politonalidad

La politonalidad es el recurso compositivo mediante el cual se simultanean diversos planos tonales independientes. Dentro de ella la bitonalidad, o combinación de dos planos tonales diferenciados, ha constituido la forma más común empleada por los creadores a lo largo del siglo XX (Dalin, 1974: 132). Con antelación al desarrollo de las corrientes de vanguardia, la bitonalidad resultó puntualmente explorada con fines humorísticos o satíricos, en obras como *Ein Musikalischer Spass* (1787), de W.A. Mozart, o *Variations on America* (1891), de Charles Ives. Posteriormente, con el advenimiento del arte de vanguardia, diferentes autores pondrán el foco en este recurso técnico como mecanismo de escape a la tonalidad clásica. Será empleado como elemento estructural en muy diversas obras, del que además explorarán sus diferentes derivadas técnicas, como la polimodalidad o los poliacordes (Persichetti: 1985: 36 y 137).

Ya en el año 1911 Igor Stravinsky abordó el empleo de materiales muy próximos a la bitonalidad en su ballet *Petrouchka*.

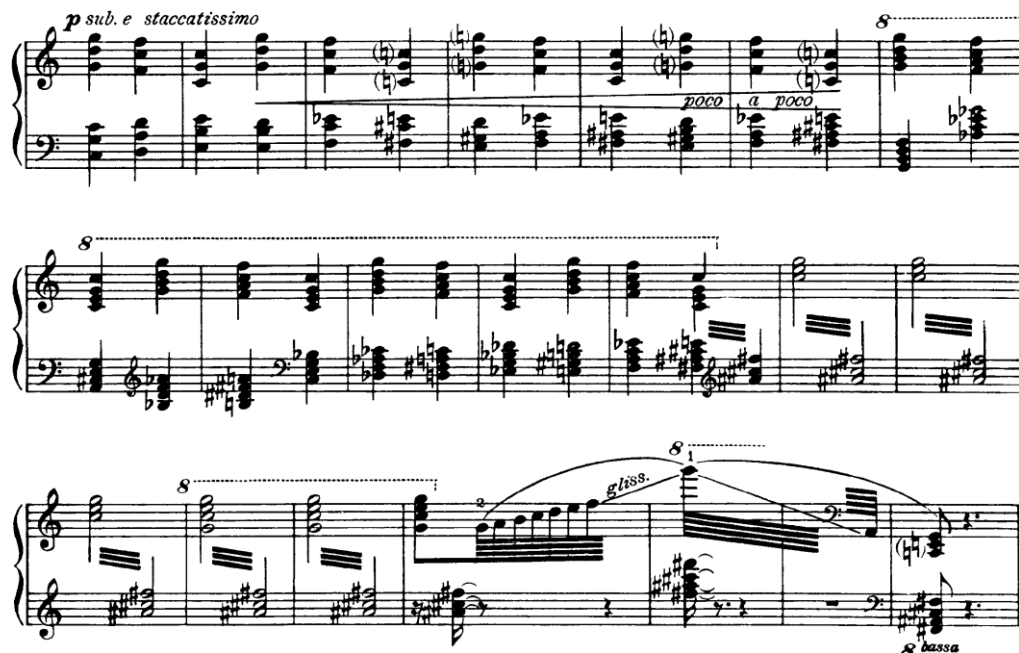


Fig. 4 - (2). Últimos compases de "Los Enmascarados", dentro de la Escena IV del ballet *Petrouchka*, de Igor Stravinsky. Reducción para piano del propio autor.

Como puede apreciarse en extracto, frente a un plano situado en la tonalidad de Do, escrito en la mano derecha del piano, surge otro en la mano izquierda con una sucesión cromática de acordes de 7ª de dominante que desemboca en un acorde de Fa# Mayor, exactamente el opuesto en tritono a Do. Evidentemente Fa# no puede llegar a considerarse una tonalidad en toda su dimensión, pues no aparece su dominante, pero la insistencia en el acorde le sitúa de manera muy cercana a ella.

Sería pocos años más tarde cuando el compositor francés Darius Milhaud adoptaría la politonalidad como recurso de manera extensiva en sus creaciones, popularizando esta técnica absolutamente característica de su música, que también habría de ser puntualmente empleada como tal o en sus derivadas por otros muchos autores<sup>9</sup> a lo largo del siglo XX. Exponemos el ejemplo de una obra suya fechada en el año 1917, la Sonata N°2 para Violín Op.40, en la que simultanea dos planos armónicos opuestos, uno derivado de la escala diatónica de Do Mayor, y otro constituido por la escala pentatónica correspondiente a las teclas negras de un piano.



Fig. 4 - (3). Sonata para Violín y Piano Op.40, de Darius Milhaud. Compases 23 al 27 del III Movimiento.

---

<sup>9</sup> A modo de ejemplo de empleo de simultaneidades tonales por diferentes autores podemos citar su utilización por Béla Bartók en numerosas de las piezas de *Mikrokosmos* o por Benjamín Britten en *Folk Songs of the British Isles, Vol. I N° 6*, en la que simultanea la tonalidad de Fa Mayor con la de Sib Mayor. Más tardíamente encontramos procesos similares en la obra homónima de Luciano Berio *Folk Songs, N°6 La donna ideale*, en la que Berio combina un estrato de Sol Mayor mantenido invariablemente por el arpa con el de Sib Mixolidio que ejecuta el resto de instrumentos.

La politonalidad, tal y como Milhaud la plantea, es el primer sistema compositivo organizado que conquista un cierto grado de independencia entre el factor armónico y el temático-formal. Al simultanear planos tonales diferenciados se produce una saturación cromática cercana a la atonalidad. Es decir, a través de la combinación de tonalidades diferentes se consigue la anulación de la propia tonalidad, junto a un matiz aleatorio derivado de la imposibilidad de controlar todas y cada una de las resultantes armónicas. Si se anulan las sensaciones tonales y el factor armónico se adentra de manera un tanto azarosa en el campo de la atonalidad, el factor temático-formal adquiere un considerable rango de independencia respecto al hecho armónico. Ya no se encuentra sometido a una idea armónica estricta, más que el propio sostenimiento de un color armónico que por momentos roza la atonalidad, con una actitud de relativa despreocupación que anticipa las técnicas aleatorias de medio siglo después.

En la misma época en la que Stravinsky, Milhaud y otros creadores incorporaban la politonalidad como técnica recurrente en sus obras, A. Schoenberg trabajaba ya con la atonalidad. Cabe preguntarnos por qué no incluirla como mecanismo de independencia entre el factor armónico y el temático-formal durante el acto creativo. Apuntamos a dos razones para ello. La primera, es que esta atonalidad temprana no constituye un sistema organizado y estructurado, como pueda serlo la politonalidad. Y, como es sabido, no lo será hasta el posterior planteamiento del Dodecafonismo por el mismo autor, sobre el cual nos detendremos seguidamente. La segunda es que el propio objetivo de evitar la tonalidad, bajo este sistema atonal temprano, obliga al compositor a prestar una especial atención al discurso armónico, precisamente para que no se produzcan en ningún momento sensaciones tonales. Tal atención provoca una fuerte dependencia entre el factor temático y el armónico, alejándose de ese incipiente grado de aleatoriedad y despreocupación respecto a la resultante armónica implícito en la politonalidad.

En cualquier caso, y a pesar de un origen técnico tan radicalmente opuesto, politonalidad y atonalidad son recursos muy próximos, no sólo en su aparición temporal, sino en intenciones estéticas y en resultante sonora. Y así nos lo recuerda Milhaud con sus propias palabras:

Politonalidad y atonalidad no son sistemas arbitrarios. El primero resulta del desarrollo de la armonía y contrapunto diatónicos; el segundo del cromatismo, y pueden ser por tanto estudiados como técnicas complementarias.

Hemos visto que a pesar de sus orígenes opuestos pueden converger en determinados casos (armonías atonales procedentes de un contrapunto politonal, o melodías atonales apoyados sobre una textura armónica formada por elementos diatónicos).

(Milhaud, Darius. "Politonalité et Atonalité", *Revue musicale* 4, 1923: 29-44)

#### 4.1.2. Sistemas que apriorizan el factor armónico - Serialismo

Aclararemos, antes de nada, que el término *Serialismo* suele ser empleado de manera un tanto ambigua, unas veces para describir las técnicas derivadas del Dodecafonismo y otras veces incluyendo junto a ellas el propio Dodecafonismo. En este caso, emplearemos la segunda acepción, la más amplia y nos detendremos en primer lugar, como corresponde por orden cronológico, en el Dodecafonismo.

Consiste este método, principalmente, en el empleo exclusivo y constante de una serie de doce sonidos. Esto significa, por supuesto, que ningún sonido ha de repetirse dentro de la serie, en la que estarán comprendidos todos los correspondientes de la escala cromática, aunque en distinta disposición [...] la asociación de sonidos en las armonías y sucesiones de éstas se halla regulada (como luego se verá) por el orden de aquellos sonidos. La serie básica oficia a la manera de un motivo. Esto explica por qué tal serie ha de ser ideada de nuevo para cada pieza. (Schönberg, 2007: 105)

Tal y como el propio Schoenberg expone en *El Estilo y la Idea*, la metodología de aplicación del Dodecafonismo, desde sus mismos orígenes, implica que las líneas temático-melódicas, cuando las hay, deriven de una forma u otra de la ordenación de la serie. Por la propia concepción del Dodecafonismo, un creador aplicando esta técnica ve restringida su libertad para elegir la sucesión de alturas en sus diseños temáticos, pues ha de seleccionarlás condicionado por la ordenación de la serie. Es éste un hecho inédito en la práctica musical hasta ese momento, de trascendentes consecuencias.

La primera consecuencia de esta restricción de la libertad temático-melódica, que había sido tan característica en la música tonal clásica, es una acusada restricción de tales procesos temáticos por parte de los de selección de alturas, es decir, por los armónicos. Bajo este prisma, a través del Dodecafonismo podemos considerar que la dimensión

armónica adquiere una prioridad e independencia frente al hecho temático como jamás había experimentado desde el desarrollo de la polifonía.

Prueba de ello es la segunda de las consecuencias, derivada de la primera. Esta radical y apriorística focalización sobre el factor armónico frente al temático condujo a experimentar, de manera paralela a como se había realizado con la tonalidad, con la disolución de tales procesos temáticos, al menos bajo el formato con el que hasta ese momento habían sido concebidos. Sería Webern, a través de su estilo puntillista, quien marcaría el camino para esta disolución completamente asumida por los compositores seriales posteriores a los de la Escuela de Viena.

De esta manera, el principio de imbricación armónica, especialmente dentro del Serialismo Integral, queda anulado por completo. De un lado, por la radical exclusión de los procesos melódicos tradicionales, o de cualquier otro discurso temático que pueda recordar a los mismos. Y por otro, por la absoluta supeditación de las nuevas formulaciones en el ámbito de la temática a los complejos y apriorísticos sistemas de selección de alturas tan característicos del Serialismo Integral. Sean estas formulaciones tratadas a través del inicial estilo puntillista weberiano o con el posterior sistema de grupos de Stockhausen o Boulez (Morgan, 1999: 401), todas ellas derivan invariablemente del previo y riguroso planteamiento que el proceso matemático de la serie impone.

Dentro del Serialismo Integral, el discurso temático es controlado desde la serie no sólo a través de la determinación de alturas, sino también de las duraciones, de los ataques o la dinámica. De ese modo, una serie que bajo la concepción schoenberiana fue gestada como mecanismo de manipulación del factor armónico, con el único objetivo de garantizar un atonalismo organizado, traspasa la armonía y conquista cada resquicio del hecho musical, anulando a su vez el más mínimo rastro de tematismo melódico tradicional.

Evidentemente, esta trayectoria de disolución del factor temático dentro del Serialismo no transcurrió de manera lineal. Por ello, es posible encontrar excepciones, especialmente en su primera época, como las protagonizadas por Alban Berg. Algunas otras incluso paradójicas, como la llevada a cabo por Webern en su *Cuarteto de cuerda Op.28*, quien

genera la serie del mismo utilizando las notas del *Nombre de Bach*, pero evita a la vez que tal emblema melódico resulte reconocido a la escucha en la obra a través del empleo de interválicas amplias.

Ilustremos las ideas expuestas con sendos ejemplos. Nos detenemos en primer lugar en Schoenberg, en concreto en el Trío asociado al Minueto de su Suite para piano, Op.25.

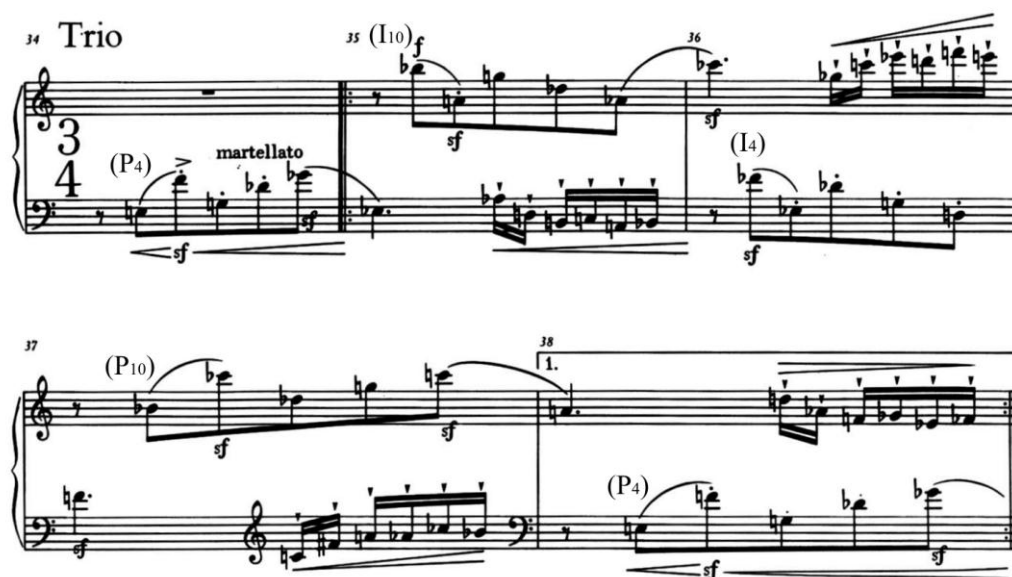


Fig. 4 - (4). Piano Suite Op.25, de Arnold Schoenberg. Inicio del Trío asociado al Minueto.

En este Trío la idea temática principal, al igual que las diferentes imitaciones contrapuntísticas, surgen como rigurosa concatenación de las notas de la serie (Perle, 1999: 83), tal y como se indica en la partitura. Es destacable la aplicación de una interválica amplia a las seis primeras notas de la misma. Esta amplitud interválica es característica en la música atonal y dodecafónica de Schoenberg, como muestra de su intención de ruptura, no sólo con la armonía tonal clásica, sino también con los patrones temático-melódicos asociados a ella.

Tal interválica amplia fue también profusamente empleada por su pupilo Webern, quien profundizó en la línea de ruptura con los procesos temáticos tradicionales. No así por

Alban Berg quien, al contrario, procuró mantenerse fiel a una estética clásico-romántica, también en el terreno temático, lo que le condujo a forzar las aplicaciones de la serie dodecafónica en aras de tal fidelidad.

The musical score is presented in three systems, each containing four staves. The first system (measures 64-65) is labeled 'Vlc. fortsetzend (S.C)'. It features a variety of dynamics including *p*, *f*, *mp*, and *mf*. The second system (measures 66-67) includes the instruction 'poco accel.' and '1. Gg. fortsetzend'. The third system (measures 68-69) is marked '(S.B)' and '- a tempo', with 'pizz.' and 'arco' markings for the string parts. The notation is dense, with many beamed notes and complex rhythmic values, reflecting the composer's commitment to his twelve-tone series.

Fig. 4 - (5). Suite Lírca, de Alban Berg. Final del primer movimiento.

Tan peculiar aplicación del Dodecafonismo resulta claramente apreciable en estos compases finales del primer movimiento de la *Suite Lirica*, compuesta entre los años 1925 y 1926. En ellos queda patente la fidelidad del planteamiento temático hacia una estética clásico-romántica, a través del empleo profuso de patrones melódicos y contrapuntísticos característicos de este estilo. Para ello, Berg se vale de una serie de partida con tendencia al diatonismo (A), al quedar dividida en dos hexacordos estrictamente diatónicos. Y emplea también otras dos series (B y C) asociadas con la inicial en diversos aspectos (Morgan, 1992: 243), entre ellos el diatonismo hexacordal, que se encuentran apuntadas en el propio ejemplo:

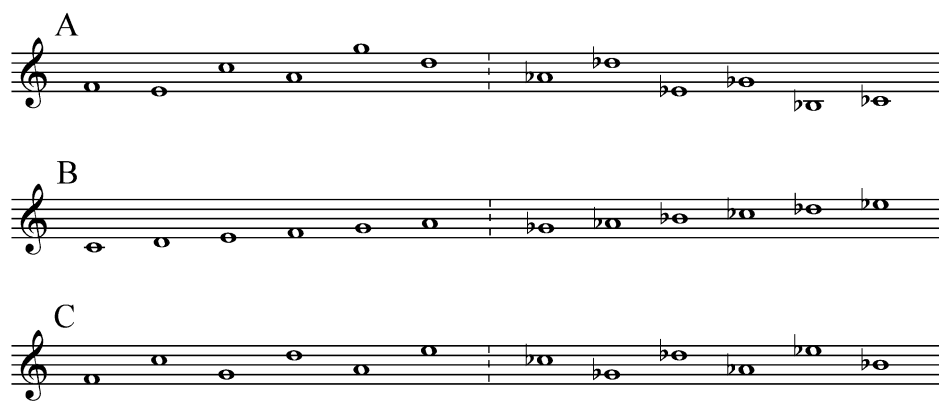


Fig. 4 - (6). Series dodecafónicas empleadas en la *Suite Lirica* de Alban Berg.

En los compases finales mostrados de este movimiento es notorio el empleo de la radicalmente melódica serie B, además de manera lineal en los diferentes instrumentos del cuarteto. La intención y el resultado sonoro resultan por tanto absolutamente melódicos, sujetos incondicionalmente a la tradición temática clásico-romántica.

Sin embargo, el empleo de Berg del serialismo, aunque significativo, no iba a constituir más que una excepción. El camino de ruptura y superación del tematismo tradicional se encontraba marcado. Así, ya desde las primeras obras adscritas al Serialismo Integral, la ruptura aparece completamente consumada. Lo mostramos con el ejemplo de la obra *Semi-Simple Variations* de Milton Babbitt.



Compuesta en el año 1956, la selección de alturas adopta una compleja organización serial, tal y como muestran los diagramas a continuación. Partiendo de una serie dodecafónica formada por dos hexacordos simétricos (P), las agrupaciones de tres notas del primer hexacordo generan otras nuevas series (A, B, C, D) de cuya estricta superposición derivará toda la selección de alturas en la pieza (Morgan, 1992: 352):

SERIE PRINCIPAL (P)

D

C

B

A

Fig. 4 - (7). Series dodecafónicas empleadas en las *Semi-Simple Variations* de Milton Babbitt.

A partir de la superposición de las diversas series, Babbitt elabora sendas matrices de alturas que son las generatrices directas de cada una de las notas que figuran en las variaciones. Mostramos a continuación las dos primeras variaciones, seguidas de sus correspondientes matrices:

(♩ = 84)

Var. I

PIANO

5

9

13 Var. II

16

Variation I

P RI (7-12/1-6)

R (7-12/1-6)

Variation II

C C

A A

Fig. 4 - (7). Dos primeras variaciones de las Semi-Simple Variations de Milton Babbitt, y las correspondientes matrices seriales asociadas.

A través de la pieza de Babbit, circunscrita a tan determinista organización matricial, se pone en evidencia de qué manera tan extrema pudo dentro del Serialismo quedar el discurso temático absolutamente supeditado a una apriorística organización serial.

Resulta asimismo patente cómo los creadores dentro de este estilo recurren, como Babbit, a numerosas simetrías dentro de los procesos seriales. Su objetivo es dotar de coherencia a los diferentes elementos que a partir de ellas son controlados. Sin embargo, el efecto en gran medida resultó el opuesto. A través del sometimiento de todos los factores musicales al proceso serial se provoca una ruptura drástica con los procesos de interdependencia que tales factores habían experimentado en la concepción musical hasta ese momento. Es decir, se logra quebrar los fortísimos vínculos existentes entre dichos factores, como el implícito en la imbricación armónica, característicos de toda la práctica musical previa. Y se alcanza así un inaudito grado de independencia entre ellos o, cuanto menos, un mecanismo de dependencia de una naturaleza completamente diferente hasta la entonces concebida, lo cual resultaría determinante en la gestación de las distintas tendencias musicales que sucedieron al Serialismo.

Como hemos podido constatar a lo largo de estos ejemplos, tal independencia se muestra especialmente patente, desde los mismos orígenes del Dodecafonismo, entre el factor armónico-serial y el temático. Su búsqueda condujo en último término, con la excepción de Alban Berg, incluso al rechazo del concepto mismo de melodía. Se llegará así a evitar dentro del Serialismo Integral cualquier gesto musical que pudiera mínimamente evocarlos. Conociendo el poder de atracción sensorial que la melodía ejerce, su anulación facilitó el gobierno de todos los elementos musicales desde la serie. De entre todos ellos y desde los mismos orígenes del Dodecafonismo, el armónico, entendido como el proceso de selección y organización de alturas, resultó el verdadero protagonista. Y el que, en consecuencia, alcanzó inusitada independencia frente a todos los demás.

#### 4.1.3 Sistemas que desatienden el factor armónico - Pandiatonismo y Aleatoriedad

El término Pandiatonismo fue acuñado por el compositor, director de orquesta y teórico Nicolas Slonimsky (Slonimsky, 1938: xxii) para referirse a la libertad armónica a partir de una escala diatónica, observable en numerosos pasajes musicales de las corrientes de vanguardia desde principios del siglo XX. El mismo Slonimsky otorga a esta técnica una notable relevancia al definirla, de manera a nuestro juicio un tanto desproporcionada, como la *favorita del Neoclasicismo*. Para delimitar las características concretas del Pandiatonismo tomaremos la posterior definición de Persichetti como punto de partida:

La escritura pandiatónica es un tipo específico de armonía estática<sup>10</sup> en el que una escala completa es utilizada para formar los miembros de un acorde implícito por segundas, estático. Las estructuras verticales son combinaciones de cualquier número de sonidos de la escala prevaleciente, colocados en disposiciones variables. La sucesión de acordes horizontales no tiene dirección tonal. (Persichetti, 1985: 226)

En general, en las diferentes definiciones de Pandiatonismo, y en la de Persichetti queda expresamente claro, se hace hincapié en la libertad de selección de sonidos. La única limitación procede de la restricción de estos sonidos al conjunto de los pertenecientes a la escala diatónica de partida. Bajo esta perspectiva, los procesos temáticos adquieren una considerable independencia frente al hecho armónico del cual, en principio, la técnica pandiatónica en su formulación pareciera despreocuparse.

Como Slonimsky menciona, esta técnica es ampliamente observable en obras adscritas a la estética neoclásica. Si bien es destacable cómo, en términos generales, la técnica pandiatónica dentro de este movimiento tiende a mantenerse sujeta a una única escala no más allá de unos pocos compases. Parece que los creadores de aquella época tenían demasiado interiorizada la necesidad de contraste armónico característica de la tonalidad.

---

<sup>10</sup> Siendo el tratado de Persichetti obra de referencia respecto a las técnicas compositivas del siglo XX, y ofreciendo a su vez una clara definición de Pandiatonismo, no estamos sin embargo de acuerdo con la afirmación de que éste derive en una armonía estática. Es evidente que la escritura pandiatónica renuncia al dinamismo de la armonía tonal. Pero puede llegar a generar dinamismo armónico a través de otros procedimientos, como la alternancia de consonancia y disonancia.

Por ello, y como veremos más adelante, no será hasta la llegada del Minimalismo cuando se desarrolle un completo estatismo armónico como el que Persichetti presume para el Pandiatonismo. Para ilustrar estas afirmaciones recurriremos a un ejemplo de Maurice Ravel:



Fig. 4 - (9). Rigodón de *Le Tombeau de Couperin*, de Maurice Ravel. Compases 1 al 10.

Como se observa en los ocho primeros compases, los elementos melódicos y armónicos se elaboran a partir de una escala de Do Mayor, sin que las distintas formaciones acórdicas aparenten perseguir relaciones tonales claras, con la excepción de una reminiscencia de sucesión de dominante y tónica en el compás 2. A partir del compás 9 se abandona el pandiatonismo, evolucionando hacia una escritura cromatizada.

En cierta medida, la concepción pandiatónica traslada a la *música culta* la ancestral técnica de libre elaboración melódica a partir de una escala diatónica, considerablemente recurrente en la expresión musical popular de muy diferentes procedencias. Así, es la propia escala la que determina las características armónicas resultantes cuando aleatoriamente se superponen sonidos de la misma. A modo de ejemplo, y como caso particular, citaremos la *escala pentatónica anhemitónica* en la que se apoya una notable proporción de la música popular del este asiático. En ella, el intervalo más reducido posible es la 2ª Mayor. De esa manera queda limitada la posibilidad de disonancia, por lo que la libre elaboración melódica de carácter polifónico a partir de la misma genera un color armónico muy determinado y característico de tal expresión musical.

En cualquiera de ambos casos, tanto en la escritura vanguardista pandiatónica como en la libre elaboración melódica presente en las manifestaciones musicales de raíz popular citadas, la construcción armónica queda desatendida frente al plano temático. Cuanto menos, mucho más desatendida que en la técnica tonal clásica o en el mismo serialismo.

Esta desatención, no sólo hacia el factor armónico, sino prácticamente a todos los componentes del hecho musical, sería explorada por la música de vanguardia a través de la aleatoriedad durante la segunda mitad del siglo XX, hasta alcanzar los extremos más radicales. A través de tal desatención se redirige el foco de la elaboración musical hacia factores constructivos diferentes a los tradicionalmente tratados. Como por ejemplo la textura, la manipulación tímbrica, el formato visual de la partitura o los aspectos teatrales del acto interpretativo.

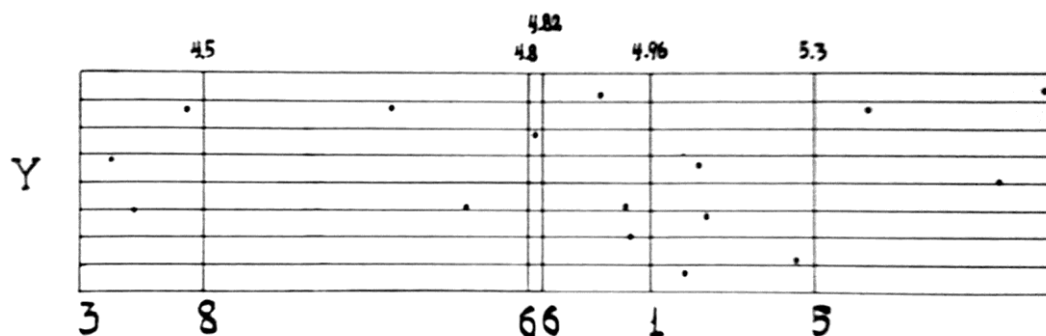


Fig. 4 - (10). Notación Y del Concierto para Piano y Orquesta, de John Cage. Compuesto entre los años 1957 y 1958, la imagen muestra la parte de piano. Cada una de las ocho bandas es empleada para articular ocho rangos de frecuencias adyacentes, pero de libre elección por el intérprete. Los números inferiores determinan la cantidad de sonidos que en cada momento contiene cada banda. Los superiores muestran una escala temporal en segundos. (Pritchett, 1993: 119)

Por ello, como en el ejemplo mostrado de John Cage, las técnicas vanguardistas aleatorias frecuentemente trascienden las componentes musicales tradicionales, como armonía, temática o forma, para situar la expresión musical en una dimensión prácticamente ajena a ellas. Sin embargo, es también posible encontrar numerosos casos en los que la

aleatoriedad ha sido empleada de manera mucho más limitada, en combinación con estas componentes tradicionales.



Fig. 4 - (11). Número 7 de ensayo de la Sinfonía N° 2 de Witold Lutoslawsky.

En el ejemplo correspondiente a la Sinfonía N° 2 de Witold Lutoslawsky, compuesta entre 1965 y 1967, el autor introduce un limitado grado de aleatoriedad a través de pausas de dos segundos no estrictamente sincrónicas entre los diferentes instrumentos. La organización formal y temática sigue patrones completamente determinados, muy cercanos a un pensamiento tradicional. Sin embargo, la indeterminación en la sincronía deviene a su vez en aleatoriedad armónica. Con este procedimiento queda nuevamente desatendido, al menos respecto a cómo es atendido en una concepción tonal, el plano armónico. Ello implica, en consecuencia, la adquisición de un considerable grado de independencia del plano formal-temático respecto al armónico, que es confiado por momentos al resultado de una limitada aleatoriedad.

En conclusión, y con puntos de partida muy diferentes, pandiatonismo y aleatoriedad limitada caben ser valoradas como técnicas concurrentes, a través de las cuales la elaboración temática durante el acto creativo puede llegar a alcanzar una acusada libertad gracias a la desatención del sustrato armónico. Un sustrato que en un caso es desatendido mediante una determinación apriorística de la escala en la que discurre, mientras que en el otro lo es confiando el resultado armónico al azar de la aleatoriedad.

#### 4.1.4 Sistemas que estatizan el factor armónico - Minimalismo

Hemos constatado previamente cómo las técnicas pandiatónicas y aleatorias, tal y como son aplicadas por los movimientos de vanguardia durante el siglo XX, conducen a un cierto grado de independencia entre la dimensión temática y la armónica por medio de una relativa desatención de esta última. En ambos casos, el producto armónico resultante suele devenir en una considerable estatización del mismo. De naturaleza tendente al diatonismo en el caso de el pandiatonismo y cromática en el caso de la aleatoriedad<sup>11</sup>.

Esta estatización ha sido posteriormente llevada a sus límites a través del denominado *movimiento minimalista*. Tratándose de un movimiento un tanto heterogéneo, y no sólo circunscrito a la música, sino también a otras manifestaciones artísticas, como la pintura o la escultura, partiremos del planteamiento que sobre él establece Morgan:

Durante la década de 1960 un grupo de jóvenes compositores americanos comenzaron a explorar las posibilidades de trabajar con unos medios drásticamente reducidos, limitándose a los elementos musicales más básicos. Aunque todos ellos estuvieron influenciados por Cage en mayor o menor medida, estos compositores, entre los que se encontraban La Monte Young, Terry Riley, Steve Reich y Philip Glass, se desarrollaron de una forma independiente respecto a Cage. Indiferentes hacia la indeterminación, estuvieron más interesados en devolver a la música los principios más elementales, liberándolos del peso acumulado de las convenciones occidentales y partiendo de cero. El desarrollo que iniciaron, conocido como minimalismo, se ha convertido en una de las fuerzas más influyentes de la música reciente. (Morgan, 1999: 445)

Es conocido cómo esa limitación *a los elementos musicales más básicos* que menciona Morgan llevó a estos autores a reducir prácticamente al límite el contraste también en el plano armónico. Para ello, recurrieron a una extrema estatización de la armonía. De ese modo, piezas enteras se construyen a partir de unas pocas notas invariables, o con mínimas variaciones, asociadas a una configuración generalmente diatónica.

---

<sup>11</sup> Es evidente que las técnicas aleatorias no implican *per se* un color armónico cromático. Sin embargo, la época de mayor exploración de las mismas, las décadas de los 60 y 70 del siglo XX, coincidió con técnicas y estéticas de gran influencia que se apoyaban sobre el total cromático, como el mismo Serialismo. Ello condujo a una aplicación de los procesos aleatorios generalmente basada en todo el espacio cromático, y como vía de consecución del mismo.



Aunque el Minimalismo es un movimiento genuinamente americano, y es en los Estados Unidos donde mayor expansión presenta, sin embargo también ha experimentado una relativa repercusión en Europa, especialmente en los países del norte y el este, a través de lo que Marco denomina *minimalismo místico* (Marco, 2002: 431). De entre los diversos autores en mayor o menor medida partícipes de variante, el propio Marco destaca a Arvo Pärt, de cuya producción ofrecemos a continuación una muestra.



Fig. 4 - (12). Variación Número 2 de las *Variationen zur Gesundheit von Arinuschka* para piano, de Arvo Pärt.

En estas variaciones, compuestas en el año 1977, al igual que en gran parte de la música por él creada desde entonces bajo la técnica autodenominada como *tintinnabuli*, Pärt llega aún más lejos que los minimalistas americanos, al restringir el contenido armónico a un único acorde triada prácticamente inmutable. Como puede apreciarse en el ejemplo, toda esta segunda variación evoluciona sobre un transfondo invariable de una triada de La menor. Las escasas notas que no pertenecen a la triada proceden todas de la escala diatónica de Do Mayor. El planteamiento armónico del conjunto de las seis variaciones es similar al de esta segunda. Todas permanecen inamovibles sobre una triada de La, si bien en las tres primeras es una triada menor y en las tres últimas se trata de una triada mayor.

Resulta evidente cómo la estatización de la armonía característica del movimiento minimalista, tal y como puede apreciarse en Pärt, conduce a una considerable independencia del plano temático respecto a la dimensión armónica. Circunscrita a un único e inmutable agregado armónico, y liberada por tanto de la necesidad de adaptarse a las constantes transformaciones armónicas presentes en otras estéticas, la concepción temática se ve libre para evolucionar a partir de ese agregado. Es cierto que, tanto Pärt como otros autores del movimiento, frecuentemente introducen a través de la temática sutiles alternancias de consonancia y disonancia para generar mínimos contrastes sonoros de naturaleza armónica. No obstante, y aún tomando en cuenta dicha *condicionalidad*, la libertad del plano temático respecto del armónico resulta indiscutible. Eso sí, una libertad derivada del más riguroso de los apriorismos armónicos, como es el generado por la limitación a un único y exclusivo acorde para toda una pieza.

## 4.2 Designing Music como posposición absoluta de la aplicación del Factor Armónico durante el acto creativo

Tal y como hasta aquí hemos expuesto, pudiéramos considerar la evolución de la técnica de creación musical como un proceso de progresiva independización de los factores que en ella intervienen. Dicho de otra manera, como un proceso de toma de conciencia sobre cada uno de estos factores, con el consiguiente desarrollo de consideraciones y procedimientos específicos para cada uno de ellos. Partiendo de la polifonía medieval y renacentista, donde la música era concebida como un todo indiviso incluso difícilmente disociable del texto, hasta llegar al siglo XX, cuando se van a manipular de forma independiente factores como la textura, el timbre, la densidad, la presentación visual o hasta la misma conceptualidad.

Volviendo el foco sobre el factor armónico, nos hemos detenido a lo largo de este capítulo en aquellas escuelas y estéticas en las que éste ha adquirido una marcada independencia frente a elementos de naturaleza temática. Hemos repasado a través técnicas como la Politonidad, el Serialismo, el Pandiatonismo, la Aleatoriedad o el

Minimalismo, de qué manera progresiva se va profundizando en la libre e independiente manipulación de los diferentes aspectos del hecho musical, lo cual incluye el factor armónico y el temático. Fuera de escuelas concretas, nos consta que se siguen produciendo, en compositores actuales, técnicas creativas que acentúan aún más dicha independencia y que apuntan en nuestra misma dirección.<sup>12</sup>

Sin embargo, y en base a todo el análisis previo, consideramos que existe todavía un camino por explorar dentro de las posibilidades de independencia entre el factor armónico y los procesos formal-temáticos durante el acto creativo. Se trata de un camino hasta ahora no recorrido de manera extensiva porque precisa del empleo de herramientas informáticas, cuya existencia es reciente. Nos referimos a la posposición absoluta de la aplicación del factor armónico frente al formal-temático durante el proceso creativo. Es decir, a la creación completa y totalmente definida, incluyendo el total de las notas o sonidos que la componen, de toda la organización formal, textural y temática de una obra, pero sin aplicarle ningún contenido armónico definido, para con absoluta posterioridad a tal creación, proceder a aplicar color armónico.

La posposición absoluta del factor armónico durante el proceso creativo, así concebida, es el objetivo de nuestra propuesta, habiendo recibido el nombre de *Designing Music*. Se trata de una propuesta que surge como fruto de una profunda reflexión sobre los procesos de independencia acaecidos en la música de vanguardia, tal y como previamente han sido expuestos. Y con la intención de explorar y explotar una vía que pudiera aportar una perspectiva más a tales procesos de independencia.

Su puesta en práctica ha sido posible desde el año 2008 gracias al desarrollo de la herramienta informática DM-D, específicamente concebida para ella. De esta propuesta se ha derivado una metodología consolidada de creación musical, puesta a prueba a través de la composición y estreno de diversas obras, la difusión en cursos y ponencias, así como la elaboración de imitaciones estilísticas de las que más adelante se ofrecen referencias detalladas.

---

<sup>12</sup> Un caso paradigmático lo constituiría el del compositor Jesús Rueda quien ha aplicado, de forma manual, la posposición del factor armónico en parte de su obra. Véase apéndice II.

*Designing Music* no sólo se orienta hacia la creación musical. Como también más adelante se expondrá, puede ofrecer nuevas perspectivas metodológicas para el análisis musical. Al ser posible realizar reconstrucciones aproximadas de obras de repertorio, generando previamente todo el tejido formal-temático sin armonizar, permite abstraer la atención en exclusiva sobre dicho plano formal-temático y las relaciones intrínsecas a él.

En definitiva, al invertir por completo el apriorismo armónico tradicionalmente implícito en el proceso de creación musical se establece un acercamiento al acto creativo desde un enfoque hasta ahora no tratado. Y como veremos, consideramos que este enfoque arroja resultados a tomar en cuenta, no sólo en el ámbito de la creación, sino también del análisis musical.

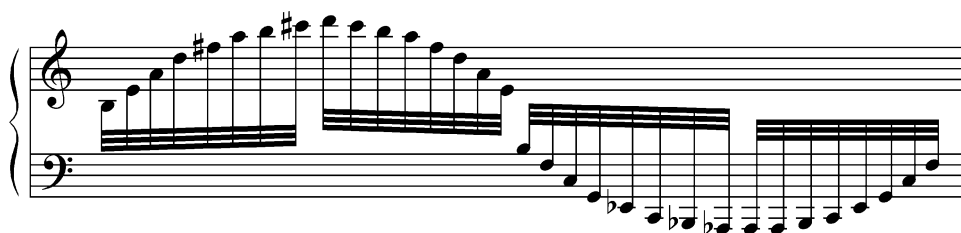
La propuesta metodológica *Designing Music* cuenta con unos principios y acciones muy concretos a seguir en su puesta en práctica, los cuales definen con precisión el contenido de la propuesta. Se enumeran seguidamente, según su orden de aplicación:

- 1 - Concebir, diseñar y elaborar construcciones temático-formales definidas en su totalidad, pero no armonizadas. Con asistencia informática apoyada en procedimientos algorítmicos, lo cual simplifica y acelera el proceso de escritura, aunque sin renunciar en ningún caso a la complejidad.
- 2 – Con posterioridad, aplicar *color* armónico a esas construcciones temático-formales previamente elaboradas, también mediante la asistencia de medios informáticos.
- 3 - Ser riguroso en el orden, es decir: posponer absolutamente la concepción y aplicación armónica, si la hay, a la elaboración temático-formal.

Y sobre ellos, ofrecemos algunos detalles complementarios. En primer lugar, precisaremos el significado de *construcciones temático-formales no armonizadas*. Toda creación musical elaborada a partir de sonidos afinados cuenta con algún tipo de definición armónica. Sin embargo cuando, a partir de los 12 sonidos de la escala cromática, se generan estructuras musicales empleando medios algorítmicos en los que no

se ha definido ningún procedimiento armónico, el resultado producido suele tender a la presencia más o menos uniforme de los 12 sonidos. Es decir, a un espacio armónico aleatorio y de carácter dodecafónico, en el que cualquier tipo de funcionalidad armónica queda anulada. A este dodecafonismo aleatorio y afuncional es al que nos referimos con la expresión *construcciones no armonizadas*.

Para ilustrar cómo surge esta aleatoriedad pseudododecafónica incluimos a continuación el ejemplo de una sucesión de notas generadas algorítmicamente a partir de un periodo completo de la función matemática *seno*, comprendida entre las notas  $Re_6$  y  $La_1$ . Como puede observarse, se produce un reparto relativamente equitativo entre los 12 sonidos cromáticos, oscilando entre 4 y 2 apariciones para cada uno de ellos.



Número de apariciones de cada nota en un periodo completo del seno											
Do	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si
4	2	3	2	2	2	2	2	3	4	2	4

Fig. 4 - (13). Secuencia generada algorítmicamente a partir de un periodo completo de la función matemática *seno*. Realizada con el software DM-D.

Respecto a la condición de uso de medios informáticos de tipo algorítmico para la elaboración de construcciones temático-formales, es posible concebir la creación de toda una estructura musical desatendiendo el plano armónico con métodos puramente manuales y sin ningún tipo de asistencia. Sin embargo, las objeciones a tal proceder resultan múltiples. Por un lado, es difícilmente abordable la escritura manual detallada de una estructura con cientos o miles de notas para posteriormente volver a reescribirla al

dotarla de color armónico. Por otro, resultaría muy complejo evitar la aparición de polarizaciones armónicas, habiendo de recurrir para ello al empleo de laboriosas técnicas dodecafónicas. Es por ello que consideramos que, para la implementación con extensión metodológica de estos procedimientos, resulta imprescindible el apoyo informático, tanto para la generación de estructuras temático-formales como para llevar a cabo el posterior proceso de armonización.

En base a ello y con el fin de contar con una herramienta informática específica que permita la consecución práctica de Designing Music ha sido desarrollado el software DM-D. Se trata de un entorno informático adaptado, en su estructura, a la consecución de los principios de Designing Music. Aunque en los siguientes capítulos se proporciona información detallada sobre esta herramienta adelantamos, no obstante, su organización en dos módulos principales que son los que facilitan la aplicación de la metodología. El primer módulo es un compositor algorítmico que permite la generación de estructuras temático-formales completamente definidas. El segundo módulo consiste en un armonizador que con posterioridad aplica contenido armónico a las estructuras previamente generadas. Ambos módulos son capaces de operar de forma completamente independiente, pudiendo repetidamente manipularse las diferentes estructuras temático-formales antes de proceder con cualquier proceso de armonización.

Por último, y respecto al tercero de los principios, consideramos que condensa la verdadera esencia de Designing Music. Es decir, para aplicar esta metodología no resulta suficiente emplear la herramienta DM-D. Llevarla completamente a cabo implica adoptar una actitud de absoluta imprevisión y desatención sobre cualquier tipo de consideración armónica mientras se elaboran los elementos formal-temáticos, concentrando la atención exclusivamente sobre éstos. Y solamente cuando dichos elementos se encuentran definidos en su totalidad, proceder con consideraciones de naturaleza armónica y su consiguiente aplicación. Tal actitud permite abordar la creación o el análisis de obras que en su configuración final pueden contar con una definición armónica muy precisa, incluso tonal, desde una concentración exclusiva sobre el plano formal-temático. Se trata de una actitud que consideramos que no sólo implica consecuencias técnicas o prácticas, bajo la forma de obras compuestas y análisis musicales que más adelante se detallan, sino también estéticas, las cuales serán asimismo objeto en lo sucesivo de nuestra reflexión.

## 5 El Contexto Tecnológico

---

En el capítulo previo ha sido establecida la propuesta Designing Music, adelantando la ineludible necesidad de contar con una herramienta informática específica, de carácter algorítmico, para acometer de forma extensiva su puesta en práctica. Como paso previo a la descripción del desarrollo de esta herramienta, abordamos el contexto tecnológico en el que se enmarca. Dentro de él, concluiremos situando nuestro foco de atención en los aspectos relativos al tratamiento armónico, al constituir éste, tal y como ha sido descrito, el elemento característico de dicha propuesta.

### 5.1 Asistencia Informatizada a la Composición, una panorámica

La exploración y aplicación de métodos de automatización del proceso de composición, en principio con un carácter meramente lúdico, fue llevada a cabo mucho antes de que existiera máquina computacional alguna. En concreto, durante el siglo XVIII se popularizaron los juegos de dados que, a través de reiterados lanzamientos, conducían a la selección aleatoria de breves fragmentos musicales preparados para tal fin, cuya combinación concatenada generaba una pequeña pieza musical. Entre los más celebres de aquella época destaca uno atribuido a W. A. Mozart, *Musikalisches Würfelspiel*, catalogado como KV516f y publicado entre el año 1792 y 1793. (Zbikowski, 2002: 140-149).

Pero la verdadera automatización de estos procesos, con un carácter realmente serio y sistemático, no vería la luz hasta el desarrollo de las computadoras electrónicas, a lo largo de la segunda mitad del siglo XX. Casi desde el primer momento de su aparición se comienza a explotar las posibilidades que ofrecen para la creación musical, naciendo así la disciplina conocida como *Composición Algorítmica*, también denominada *Composición Asistida por Ordenador*. Suele señalarse como punto de partida la célebre obra *Suite Illiac*, creada algorítmicamente con la computadora ILLIAC de la Universidad de Illinois en 1956 por Lejaren Hiller y Leonard Isaacson, tan sólo una década después de la aparición del primer ordenador electrónico, el ENIAC.

Desde aquel momento y hasta nuestros días, el desarrollo de la computación musical, o *Computer Music* en su extendida denominación inglesa, ha seguido un proceso que podríamos considerar exponencial, con dos hitos técnicos específicos que contribuyeron a acelerar aún más el mismo. El primero de estos hitos es la aparición de los ordenadores personales en la década de los 80 del siglo pasado. Gracias a ellos la computación musical habría de resultar accesible a un público general, tanto de profesionales de la música como de simples aficionados. El segundo de los hitos se produce con la posterior adición a estos ordenadores personales, pocos años más tarde, de conversores de audio digital-analógico de 16 ó más bits, lo cual les habría de dotar con capacidad de grabación, reproducción y procesado del sonido en alta calidad.

Sin embargo, tan vertiginoso desarrollo no sólo es atribuible a la presencia de unas máquinas sofisticadas. La previa estructura matemática implícita en la Música Occidental ha jugado a tal efecto un papel crucial. Recordemos que la práctica musical europea ha experimentado un continuo y profundo proceso de *matematización*, iniciado en la Grecia clásica cuando se establecieron las proporciones numéricas de los intervalos musicales. Conoció a continuación un significativo impulso a partir del siglo XI, con el advenimiento de la escritura musical sobre pauta (tetra y pentagrama) y la posterior mensuración de las figuras rítmicas, procedimientos ambos de esencial naturaleza matemática. A partir de esta base escrita, la aplicación de complejas técnicas contrapuntísticas o los sofisticados recursos armónicos y formales de la Música Tonal Clásica incorporan a la concepción y la práctica musical nuevas dimensiones estructurales, una vez más, de constitución netamente matemática. Ello conducirá a Leibniz, en el marco del racionalismo ilustrado, a su célebre sentencia de reconocimiento



explícito de esta realidad. En la reflexión que sostenía, junto a otros intelectuales de su época como Christian Wolf o Johann Christoph Gottsched, sobre la naturaleza racional del arte, expresa en una carta a éste último fechada en el año 1721 (Bonds, 2014: 95-96):

*Musica est exercitium arithmeticae occultum nescientis se numerare animae* ( La música es un ejercicio aritmético oculto de una mente que inconscientemente realiza cálculos, trad. del autor )

De esta manera Leibniz reivindica la esencia matemática de la música, lógicamente la de su tiempo, incluso para el más común de los casos en la práctica musical, en el que ni siquiera se es consciente de tal esencia. La idea sería rotundamente refrendada por Rameau en su Tratado de Armonía, publicado tan sólo un año más tarde.

Si del siglo XVIII avanzamos hasta el ecuador del siglo XX, justo en el momento de partida de la computación musical, por el camino encontramos nuevas técnicas musicales de sutil sofisticación matemática como, a modo de ejemplo, la presente en la armonía cromática de la música tardorromántica, la combinatoria polirrítmica y politonal de la música stravinskyana, o el mismo planteamiento del Dodecafonismo de Schoenberg. Incluso en los años previos a la creación de la Suite Illiac, la *matematización* llegaba a alcanzar cotas aún mucho más extremas, como jamás antes habían sido conocidas, a través de las propuestas del Serialismo Integral, tratando de controlar todos y cada uno de los parámetros constitutivos del hecho musical desde la estricta concepción matemática que el Serialismo impone.

Por otro lado y en paralelo, fue abordándose el conocimiento de la física del sonido acompañado, como es lógico, de las herramientas matemáticas asociadas. Con posterioridad a los primeros estudios acometidos en la Grecia clásica, a partir del s. XVII, Galileo y Mersenne retoman las investigaciones describiendo las propiedades de la vibración en cuerdas, cuya formulación matemática precisa sería elaborada unos años más tarde por Taylor. Desde ese momento, la acústica surge como campo de estudio de la física, experimentando un progresivo desarrollo que florece especialmente durante el s. XIX con los trabajos de Tyndall, Hemholtz, Rayleigh o Koenig, entre otras figuras destacadas (Rosing, 2007: 10-14). Su investigación ha permitido, desde entonces, alcanzar un detallado conocimiento de la física del sonido a través de los procedimientos matemáticos que lo describen.

Todo este vasto soporte matemático elaborado durante siglos para sustentar, tanto la concepción, la escritura y la práctica musical, como el estudio de las características del sonido, es el que facilitó su inmediata traslación a los sistemas informáticos desde los mismos albores de la computación. Y seguidamente, y en paralelo a la evolución de las propias máquinas, el que ha producido el enorme desarrollo de los sistemas musicales informáticos que hoy en día conocemos. La extensa constelación de estudios, procedimientos, técnicas, paradigmas y herramientas informáticas que vinculan, de una forma u otra, la creación e interpretación musical con la computación suele ser referenciada con el término genérico *Computer Music*. Dentro de este universo, volvemos a dirigir nuestro foco hacia la Composición Asistida por Ordenador, estudiando qué espacio concreto ocupa dentro de él. Para ello, tomaremos como punto de partida una perspectiva organizativa del mismo.

El primer problema a la hora de abordar una perspectiva de *Computer Music* es conseguir establecer unas categorías clasificatorias de su contenido. No sólo por la amplitud que presenta, sino porque recurrentemente las disciplinas y herramientas que comprende se solapan y entrecruzan, resultando complejo o, cuanto menos, impreciso, establecer límites entre ellas. En consecuencia, es apreciable una cierta disparidad entre los diferentes autores al acometer dicha categorización. Para nuestros fines, partiremos de la clasificación de Dean, quien establece tres grandes áreas (Dean, 2009):

#### **A. El ordenador como Instrumento Musical**

A1 - Síntesis digital del sonido

A2 - Grabación y procesado digital del sonido

#### **B. Control humano del Instrumento Digital**

B1 - El interfaz del Compositor:

B1.1 - Lenguajes de programación textuales

B1.2 - Lenguajes de programación de bloques gráficos

B1.3 - Software no programático (Edición, Secuenciadores y DAWs)

B1.4 - Multimedia (Visual Music)

**B2 - El interfaz del Intérprete:**

B2.1 - Generación de información para el Intérprete

B2.2 - Recepción de información del Intérprete

B2.3 - Interpretación en Red

**C. El ordenador como Músico**

C1 - El ordenador como compositor (Composición Algorítmica)

C2 - El ordenador como intérprete:

C2.1 - Robots y personajes animados

C2.2 - Reconocimiento musical por parte de la máquina

C2.3 - Generación de expresión interpretativa

La clasificación de Dean incluye dos puntos (B1 y C1) en cuyo epígrafe figura la palabra *compositor*. Ciertamente, estas dos categorías son las que comprenden las principales disciplinas y herramientas de Computer Music dirigidas específicamente hacia la tarea de la composición. Aunque más adelante precisaremos este aspecto, son en términos generales las que quedarían comprendidas bajo el concepto de Composición Asistida por Ordenador. En la clasificación se disocia conceptualmente ambos puntos (B1 y C1). Sin embargo, en la práctica se encuentran absolutamente vinculados. Ello es debido a que los lenguajes que el autor referencia (B1.1 y B1.2) suelen resultar polivalentes en su uso. Es decir, pueden por un lado ser empleados como mero interfaz de control por parte del compositor para disparar procesos musicales de carácter puntual, incluso en tiempo real. O facilitan, por otro, ejecutar programas completamente autónomos cuyo fin sea la composición de una pieza o sección musical completa, lo que lleva a la categoría C1.

Existe una amplia variedad de tales lenguajes. A modo de ejemplo, referimos algunos de los más extendidos en su uso, en su mayoría referenciados por Dean:

### **Lenguajes textuales:**

- Específicos: Nyquist, Supercollider, Chuck, Symbolic Composer
- Lenguajes de propósito general, como Lisp, C, Python o Java complementados con librerías musicales específicas

### **Lenguajes de bloques gráficos:**

- Max-Msp
- PureData
- PWGL
- OpenMusic

Respecto al *Software no programático*, referido en el punto B1.3, en esencia comprende las herramientas destinadas a la escritura musical y la interpretación informática de la misma. Esta escritura puede ser de tipo tradicional (programas de notación musical como Finale, Sibelius o MuseScore por ejemplo), del tipo *rollo de pianola* de eventos MIDI que emplean los programas secuenciadores (como Cubase, Sonar o Logic entre otros) o directamente una representación gráfica de la onda sonora en la que se basan los denominados como *DAWs* (Digital Audio Workstation, como Protools, Ableton Live o Digital Performer, a modo de ejemplo). Es importante apreciar que, aunque originalmente pudo darse, en la actualidad no existe diferencia real entre un secuenciador y un DAW, a pesar de que todavía se mantenga una cierta distinción conceptual y terminológica entre ellos, como es de suponer sin un criterio claro. Ello es debido a que las versiones modernas de los programas secuenciadores han incorporado funciones de grabación, representación y procesamiento de señales de audio, al igual que los DAWs en su mayoría ofrecen posibilidades de representación y tratamiento de eventos MIDI. Incluso no pocos de ellos incorporan funciones de representación en partitura, si bien de forma limitada respecto al software específico de notación musical.

Sin duda alguna todo este Software no programático constituye una indiscutible herramienta de apoyo a la tarea de la composición. Muestra de ello es su ya habitual incorporación a los planes de estudios superiores de composición. A modo de ejemplo, citaremos el vigente para el ámbito de la Comunidad de Madrid desde el año 2011, que

establece un conjunto de asignaturas específicas para tratarlo, agrupadas en el área *Tecnología Musical* e impartidas a lo largo de los cuatro cursos que comprende (Comunidad de Madrid, Decreto 36/2011). Sin embargo, tradicionalmente se ha excluido este tipo de software de la categoría Composición Asistida por Ordenador. La razón para ello es la vinculación, desde sus orígenes, del concepto de *asistencia* a la generación de estructuras musicales por parte del ordenador. Es decir, a que el ordenador ejecute tareas reales de composición, de generación de secciones o piezas musicales completas de manera autónoma aunque siguiendo, como es lógico, determinadas directrices por parte del compositor. Esta función de composición más o menos autónoma que realiza un ordenador ha sido conocida, desde los inicios de la computación, como *Composición Algorítmica*. No sería hasta décadas después, con la popularización de la informática y su acceso a un público general, cuando comenzase a emplearse *Composición Asistida por Ordenador*. Hoy en día ambas expresiones suelen ser utilizadas de forma prácticamente sinónima y ambivalente para referirse a tal generación autónoma de eventos musicales por parte de un sistema informático.

Es cierto que algunos de los programas correspondientes a esta categoría de Software no programático incorporan realmente funciones de programación. Es el caso, a modo de ejemplo, del programa Finale a través de la funciones Plugin (Johnson, 2009) o del secuenciador Sonar con su entorno integrado de programación *Cakewalk Application Language, CAL* (Garrigus, 2014). Sin embargo, tales capacidades son generalmente empleadas a modo de macros de automatización de procedimientos de usuario y sólo residualmente como funciones de generación algorítmica. En consecuencia, el conjunto de Software no programático ha sido y continúa siendo, en términos generales, excluido de la categoría de Composición Asistida por Ordenador y, por supuesto, de la de Composición Algorítmica.

En relación con el apartado *Multimedia*, numerado como B1.4, el propio Dean aclara que bajo dicho epígrafe se refiere en concreto a la conocida como *Visual Music*, cuyo término engloba aquellas técnicas, procesos artísticos y herramientas de software destinados a la producción de obras musicales o sonoras a partir de imágenes y viceversa, estableciendo una traslación de tipo constructivo entre los dos ámbitos, el visual y el sonoro. Esta correspondencia entre lo visual y lo sonoro ha sido una constante en la Música Occidental desde que la aparición de la partitura instauró un lazo irreversible entre ambos. De esa

forma, como Vergo ha estudiado en profundidad (Vergo, 2005 y Vergo, 2010), es posible encontrar una notable obra pictórica de transcurso secular directamente relacionada con elementos musicales, tanto en plano representativo como en el estructural. Se dan incluso artistas, como Paul Klee (1879-1940), en los que una parte considerable de su producción se apoya directamente en la traslación de características musicales a la composición organizativa de sus cuadros (Düchting, 2004). Una tradición cultural y artística de esta naturaleza no podía quedar al margen de las posibilidades que la computación ofrece. En consecuencia y apoyado en ellas, a día de hoy resulta considerablemente extenso el trabajo de creadores en el campo de Visual Music, no sólo a partir de imágenes estáticas sino también en combinación con vídeo. Por la misma razón, ha sido desarrollado un amplio abanico de herramientas de software que, de muy diversas maneras, exploran las posibilidades de traslación entre los dos ámbitos. Algunas de estas herramientas se encuentran directamente vinculadas a los lenguajes de programación musical. Tal es el caso *Jitter*, creado en el año 2002 como una extensión de Max-Msp para la integración y tratamiento de imágenes con o sin movimiento y que hoy en día se encuentra ya incorporado a la distribución estándar de este entorno de programación.

Sin embargo, y a pesar de la indudable vinculación de las herramientas y procesos de Visual Music con la Composición Algorítmica, como muestra el mismo caso de *Jitter*, en términos conceptuales la consideración de Visual Music se ha mantenido relativamente al margen de la Composición Asistida por Ordenador. Varias son las razones para ello. Por un lado, cuando surgió la Composición Algorítmica como disciplina, en los mismos inicios de la computación y durante las décadas posteriores, los ordenadores carecían de capacidad práctica de tratamiento de imágenes. Por ello, los procesos de creación algorítmica emergieron como procesos de naturaleza netamente abstracta y matemática, como la misma palabra *algoritmo* desvela, desvinculados en esencia de lo visual<sup>13</sup>. Por otro lado, la misma componente *visual* de Visual Music ha atraído y atrae hacia este campo a numerosos artistas de marcado carácter plástico, pero de muy limitada formación musical. Tal es el caso, por ejemplo, de Oskar Fischinger (1900-1967), considerado uno

---

<sup>13</sup> Es cierto que, como más adelante se aborda, existen determinados sistemas algorítmicos aplicados a la composición musical que comportan una clara componente visual. Es el caso, por ejemplo, de los fractales o los sistemas de Lindenmayer. Sin embargo, en todos ellos predomina la lógica matemática, siendo dicha componente visual tan sólo una consecuencia.

de los principales pioneros de esta disciplina, a quien las técnicas cinematográficas permitieron desarrollar una amplia obra en este área mucho antes de que fuera posible acometerse a través de sistemas informáticos. Sin embargo, la formación musical de Fischinger se reducía a unas lecciones de violín en su infancia y al breve trabajo como aprendiz en un taller de organería durante su adolescencia (Moritz, 2004: 3-4).

Por último, y volviendo al que es considerado como el núcleo de la Composición Asistida por Ordenador, es decir, la Composición Algorítmica, como tal disciplina y al igual que otras áreas de Computer Music, ha experimentado enorme evolución desde sus inicios a mediados del siglo pasado, a través de muy diversas líneas de desarrollo e investigación. Estas diferentes líneas son conocidas con el nombre de *paradigmas*. En todos ellos se da en común el apoyo en procesos matemáticos, o algoritmos, para la generación automatizada de secciones u obras musicales completas, cuyo resultado final queda condicionado por la propia naturaleza de tales algoritmos y los parámetros de configuración de los mismos. Nierhaus es uno de los autores que más ha profundizado en el estudio de tan amplio campo, recogiendo a través de 8 categorías, o paradigmas, las principales vías de actuación en esta disciplina, que a continuación extractamos<sup>14</sup> (Nierhaus, 2009):

1 - **Cadenas de Markov:** originalmente desarrolladas para el procesado lingüístico, se basan en aplicar la probabilidad de que un suceso ocurra en función de otro u otros previos en el tiempo. Entre otros, Xenakis realizó amplio uso de esta técnica como base de su teoría de *Música Estocástica*, en la que apoyó una notable parte de su producción (Xenakis, 1992).

2 - **Gramáticas Generativas:** también desarrolladas en el ámbito lingüístico y apoyadas en el trabajo de Noam Chomsky, enfocan la creación musical a partir de jerarquías de carácter gramatical entre los diferentes aspectos musicales, especialmente patrones motivicos y formales, así como los procesos de repetición y simetría que presentan. Su base teórica musical fue desarrollada por Lerdaahl y

---

<sup>14</sup> Una descripción en mayor profundidad de cada una de estas técnicas rebasa, por su extensión y complejidad, el objeto de este trabajo. Para una información más detallada sobre los diferentes paradigmas, consultar directamente la obra de Nierhaus.

Jackendoff (Lerdahl, 1983), constituyendo también un sistema analítico de claras referencias schenkerianas. Además de por su coincidencia terminológica, el foco en los procesos de simetría ha llevado a vincular las Gramáticas Generativas con la *Música Generativa*, término acuñado por el artista Brian Eno para designar música creada algorítmicamente a partir de la acumulación de generadores de patrones musicales repetitivos, cuya estética resultante ha sido también relacionada con el Minimalismo (Essl, 2007: 121-122).

3 - **Redes de Transición:** sistema computacional que se basa en la creación de una red de transición entre unos determinados nodos. El trayecto que discurre de un nodo al siguiente puede transitar por diferentes estados. La sucesión de trayectos transitados es la que determina el resultado final de salida de la aplicación. Existen diversos tipos de redes de transición, en función de la complejidad del sistema de trayectos, como las *redes recursivas de transición* y las *redes aumentadas de transición* (Woods, 1970). Las redes de transición fueron inicialmente aplicadas a la generación y estudio de la gramática lingüística y posteriormente empleadas en composición algorítmica. La figura muestra un ejemplo de red de transición con cinco nodos, incluyendo el de partida (I) y el final (F). Al pasar de un nodo al siguiente el sistema selecciona uno de los posibles fragmentos melódicos intermedios. En el nodo 2 se ofrece la opción de ejecutar la transición al nodo 3 o saltar directamente hasta él sin seleccionar ninguno de los dos motivos asociados a la transición.

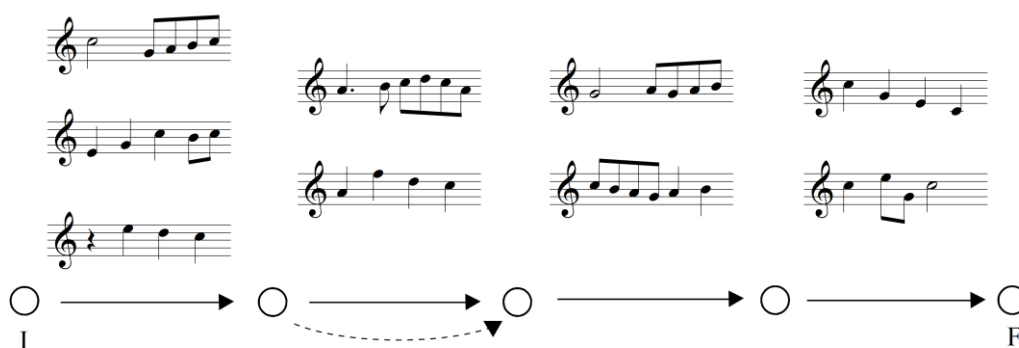
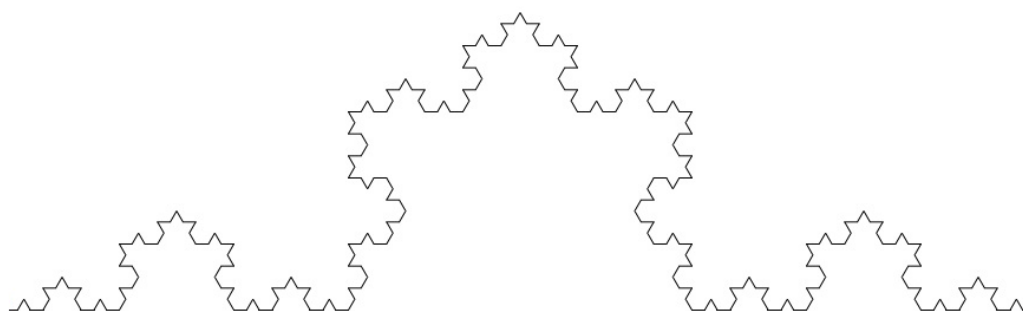


Fig. 5 - (1). Ejemplo de Red de Transición de 5 nodos aplicada a la composición algorítmica



El desarrollo de aplicación más significativo en el campo de la composición algorítmica de las redes de transición ha sido realizado por el compositor e investigador David Cope. Bajo el sobrenombre *Experimentos en Inteligencia Musical* agrupa una amplísima obra que incluye investigaciones, publicaciones, sistemas de software y obras musicales generadas algorítmicamente. Cope ha centrado sus esfuerzos en la imitación estilística, generando recreaciones de autores clásicos (Bach, Bethoven, Mozart, etc). Dado que sus desarrollos poseen capacidad de análisis previa a la producción de tales imitaciones, son también considerados como correspondientes al paradigma de la Inteligencia Artificial.

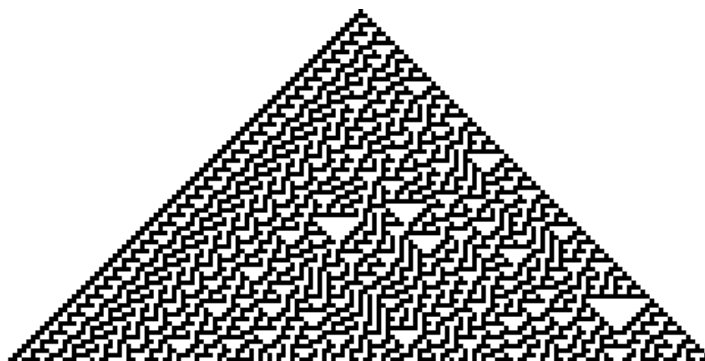
4 - **Caos y Autosimilitud:** comprende las técnicas algorítmicas que desarrollan las posibilidades organizativas en un sistema de múltiples elementos desde dos perspectivas. Por un lado desde la teoría matemática del caos, a partir de organizaciones aleatorias o pseudoaleatorias. Por otro desde relaciones de autosimilitud entre los distintos estratos constructivos. La *geometría fractal* o los *sistemas de Lindenmayer* son algunas de las variantes más significativas de este paradigma, cuyas llamativas imágenes y figuras geométricas plagadas de simetrías a múltiples niveles han sido trasladadas a la generación de estructuras musicales. Dentro de nuestro país, el compositor Francisco Guerrero (1951-1997) ha realizado un intenso uso de estas técnicas en diversas de sus obras, como *Rhea* o *Sáhara* entre otras (Russomano, 1997).



Fg. 5 - (2). Curva de Koch, una muestra gráfica de la aplicación de autosimilitud entre distintos estratos constructivos. Puede ser generada a partir de un sistema de Lindenmayer.

5 - **Algoritmos Genéticos:** desarrollados a partir de la Teoría de la Evolución de C. Darwin, los sistemas de algoritmos genéticos establecen una competición de algoritmos sujetos a procesos de mutación para, en base a unas determinadas expectativas, establecer la supervivencia de aquellos que mejor las cumplen frente a otros. Para aplicaciones musicales las expectativas que se definen son de orden musical. Encontramos en España un desarrollo relevante en este área, a través del sistema *Iamus* de Gustavo Díaz-Jerez (Díaz-Jerez, 2011).

6 - **Autómata Celular:** los autómatas celulares son algoritmos de notable simplicidad, cuyo atractivo reside en la obtención de un comportamiento complejo pero organizado en un número creciente de elementos a partir de unas reglas de partida muy básicas. Es usual emplear su representación gráfica como referencia que, como en la figura de ejemplo a continuación, muestra un formato piramidal relacionado con el citado incremento de elementos. De nuevo encontramos su empleo en Xenakis, en concreto en la concepción de determinados pasajes de su obra *Horos*, para orquesta (Solomos, 2005).



*Fg. 5 - (3). Representación gráfica de la evolución de un autómata celular de una dimensión. La regla algorítmica de operación se referencia a través de un número que la define. El autómata de la figura corresponde en concreto a la regla 30.*

7 - **Redes Neuronales:** se trata de un sistema de computación basado en la imitación del comportamiento de las neuronas cerebrales, sus formas de interconexión y de tratamiento de la información. Así, se recrea

computacionalmente una red de neuronas individuales que, de manera similar a las reales, responden a estímulos, establecen interconexiones entre ellas y se transmiten información. Imitando también la forma de operación de una red nerviosa biológica, la red computacional es *entrenada* para ofrecer una determinada respuesta ante unos *estímulos* de partida. Sus primeras aplicaciones se desarrollaron en tareas de reconocimiento y procesado de imágenes. En el campo de la composición algorítmica cuenta con diversas investigaciones centradas en la imitación estilística. Es el caso, por ejemplo, del sistema *Harmonet*, creado por Hermann Hild, Johannes Feulner y Wolfram Menzel, para la armonización de corales en el estilo de J.S. Bach a partir de una soprano dada (Nierhaus, 2009: 213-214).

8 - **Inteligencia Artificial:** a diferencia de los restantes paradigmas, que responden a modelos computacionales muy concretos, bajo el término *Inteligencia Artificial* se enmarcan muy diferentes procesos y campos de estudio. Todos ellos, en su conjunto, abordan modelos complejos de conocimiento que tratan de acercarse al concepto de inteligencia humana. Circunscritos a la inteligencia artificial aplicada a la música, encontramos campos de estudio como la representación del contexto, modelos de razonamiento, estrategias de resolución de problemas o sistemas de aprendizaje automatizado por parte de la máquina, así como los procedimientos de vinculación entre todos ellos. También modelos de proceso que incluyen algunos de los paradigmas previamente citados, como las cadenas de Markov, las gramáticas generativas, las redes neuronales o las redes de transición. De entre los múltiples desarrollos dentro de este área podemos mencionar como especialmente reseñables el ya referenciado *Experimentos en Inteligencia Musical* de David Cope y *Continuator* de François Pachet (Fernández, 2013: 559-560). La aplicación de Pachet es capaz de generar fragmentos musicales en respuesta a otro previamente dado por un intérprete, imitando en tiempo real el estilo musical ejecutado por dicho intérprete<sup>15</sup> (Pachet,

---

<sup>15</sup> Compositores como Bernard Lubat o György Kurtág han hecho uso en directo de esta herramienta. El propio Pachet lo documenta a través de vídeo en su web, junto a una prueba superada de *Test de Turing*, que se supone como la prueba determinante para un sistema de

2002). Es de destacar que, al igual que los sistemas de Cope y Pachet, la casi totalidad de los sistemas de Inteligencia Artificial centran sus esfuerzos en procedimientos de imitación estilística.

Los diferentes paradigmas descritos por Nierhaus suelen desarrollarse y aplicarse a través de un lenguaje de programación. De esta manera, para llevarlos a la práctica es necesario escoger un determinado lenguaje y desarrollar el código correspondiente que los implemente. O cuanto menos, utilizar el código desarrollado previamente por otra persona y aplicarlo. Ello implica, en general, que el compositor realice tareas de programador informático. En la actualidad, y en este sentido, es destacable la limitada existencia de software de usuario, no programático, concebido como herramienta de composición algorítmica. Citamos, a modo de ejemplo, algunos desarrollos relevantes disponibles hoy en día:

- *Noaktil*: de la compañía Intermorphic. Se trata de un software desarrollado a partir de otro previo, denominado *Koan*, inspirado en las propuestas de Brian Eno.
- *Nodal*: creado en el Center for Electronic Media Art, de la Monash University, Australia. Orientado también a la producción de Música Generativa.
- *Fractmus*: desarrollado por el compositor Gustavo Díaz-Jerez. Como su propio nombre indica, facilita la traslación de estructuras fractales y ecuaciones matemáticas a elaboraciones musicales.
- *Impro-visor*: desarrollado por Robert M. Keller. Permite generar improvisaciones melódicas de estilo jazzístico. Programado a través de cadenas de Markov.
- *Tonica-Fugata*: de la compañía Capella-Software. Programado a través de redes neuronales, realiza elaboraciones contrapuntísticas, como fugas, cánones y corales.

---

Inteligencia Artificial. En <http://francoispachet.fr/continuator/continuator.html> (consulta realizada el 28 de mayo de 2015).

En los años posteriores a la aparición de los ordenadores personales sí se observó una cierta proliferación de aplicaciones de usuario, no programáticas, orientadas hacia tareas muy concretas de composición algorítmica, como puedan ser autómatas celulares o algoritmos genéticos, por ejemplo. Miranda recoge algunas de las disponibles en aquel momento, como CAMUS, Musigen o Music Sketcher (Miranda, 2001). Sin embargo, la mayoría de ellas ha caído en desuso, no encontrándose ni siquiera accesibles en la actualidad. Consideramos que es debido al posterior desarrollo y evolución de los lenguajes de programación gráficos (Max-Msp, Puredata, Openmusic). Estos lenguajes permiten actualmente la implementación de muchos de los paradigmas algorítmicos. Sin embargo, su aspecto gráfico les aporta una apariencia más accesible que la del código tradicional de texto, lo que facilita su empleo por usuarios no familiarizados con la programación convencional.

En la actualidad y en consonancia, resulta significativa la relativa desatención en la literatura académica hacia este tipo de software no programático<sup>16</sup> el cual, por ejemplo en el caso de Dean, ni siquiera es referenciado conceptualmente. Parece haber evolucionado hacia una consideración de software de *segunda categoría*, dada su limitación frente a los lenguajes de programación.

Finalmente, a lo largo de esta panorámica hemos analizado el origen y constatado la amplitud, complejidad y diversidad de sistemas y concepciones que comprenden o se vinculan a la conocida como Composición Asistida por Ordenador. Por ello, y a modo de síntesis de la misma, ofrecemos un gráfico de representación que relaciona visualmente las diferentes áreas involucradas en esta disciplina. Aunque ya se ha precisado que determinados grupos de programas, como por ejemplo los de notación musical, no se

---

<sup>16</sup> Hemos de precisar que Fractmus e Impro-visor sí son considerablemente referenciados y tomados como ejemplo de sus respectivos paradigmas. Sin embargo, resulta sorprendente la desatención que se presta a Tonica-Fugata, a pesar de su sofisticada elaboración con redes neuronales (véase Apéndice III), de su distribución comercial y de los más que notables resultados musicales que ofrece, como se muestra en video en la propia web de la compañía, en <http://www.capella.de/us/index.cfm/products/tonica-fugata/video-portrait/> (consulta realizada el 10 de junio de 2015).

consideran integrados dentro de esta categoría, sin duda resultan herramientas complementarias a ella, por lo cual se incluyen con este carácter.

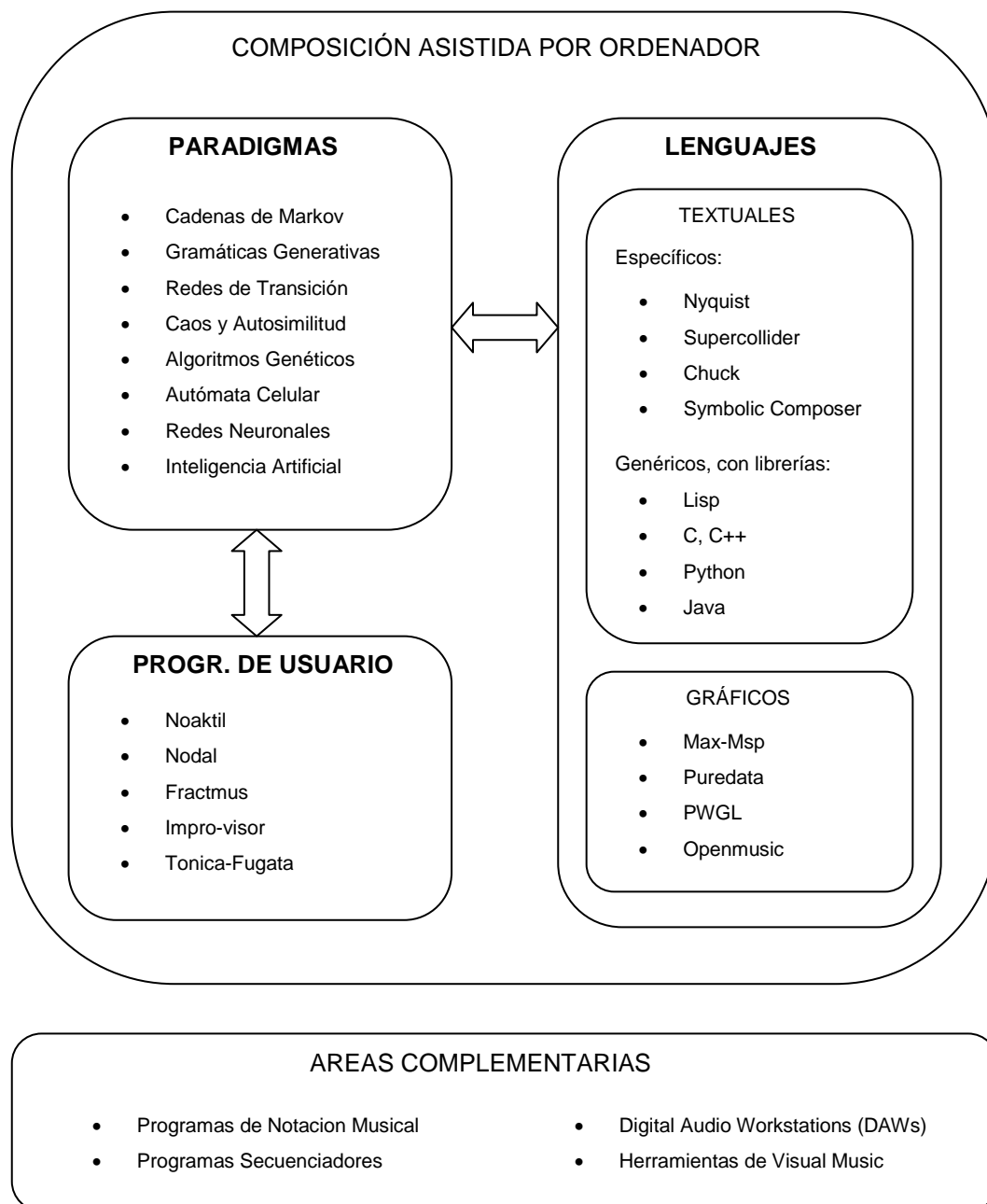


Fig. 5 - (4). Representación gráfica de las principales áreas involucradas en la Composición Asistida por Ordenador, sus relaciones y algunos de los desarrollos actualmente más significativos dentro de ellas.

## 5.2 Modelos de Tratamiento Armónico en los Sistemas de Composición Asistida por Ordenador

A lo largo de la panorámica previa hemos observado la considerable diversidad de procedimientos de tipo conceptual, estructural y funcional que comprenden el campo de la Composición Asistida por Ordenador. Sin embargo, frente a tal diversidad, los modelos de tratamiento armónico que acompañan a dichos procedimientos resultan notablemente restringidos. Básicamente constan de cuatro diferentes que enumeramos:

- Desatención de la resultante armónica (atonalidad)
- Imitación estilística
- Utilización apriorística de escalas o acordes determinados
- Lógica algorítmica para la generación de color armónico

Describimos, a continuación, cada uno de ellos, perfilando sus características.

### 5.2.1 Desatención de la resultante armónica (atonalidad)

La aleatoriedad de la resultante armónica puede producirse de forma casi natural cuando se aplica directamente una función matemática a la generación de alturas musicales. Es una consecuencia que ya estudiamos en el punto 4.2, ejemplificándola a través de la función *seno* ( ver ejemplo 4-(13) ).

Cuando algorítmicamente se desea de forma expresa un resultado aleatorio, en este caso en el plano armónico, un recurso frecuente es recurrir a funciones matemáticas de tipo caótico.



Fig. 5 - (5). Ejemplo ofrecido por Dodge del resultado de la aplicación de ruido blanco a la generación de alturas y duraciones. (Dodge, 1997: 370)

Existen muy variados tratamientos matemáticos para estas funciones. En composición algorítmica han sido notablemente empleadas las derivadas del ruido, como ruido blanco, tal y como muestra el ejemplo, ruido browniano o ruido rosa. También las que se apoyan en distribuciones de tipo estadístico-probabilístico, como la gaussiana, la exponencial o la de poisson (Dodge, 1997: 356-370). Como se observa en el ejemplo, la aleatoriedad suele conducir hacia la atonalidad, si bien la aplicación de determinados tipos de ruido o de distribuciones estadísticas pueden reforzar la frecuencia de aparición de notas concretas. En este caso, se crearía una cierta polarización armónica en torno a dichos sonidos.

### 5.2.2 Imitación estilística

La imitación estilística ha sido y sigue siendo en la actualidad uno de los principales, si no el principal objetivo de un gran número de desarrollos e investigaciones en el campo de la composición algorítmica, generalmente centrados en estilos clásicos o de jazz. Desde el punto de vista armónico, cuando un sistema se dirige hacia un determinado estilo, asume asimismo los rasgos armónicos de dicho estilo, que son generados de forma automática junto al resto de elementos.

Dentro del campo de la computación, y en consecuencia en el de la composición algorítmica, el área de inteligencia artificial es considerado como sobresaliente sobre los demás por la superior complejidad y sofisticación de sus procesos. Por ello resulta muy significativo que, en el campo de la inteligencia artificial aplicado a la composición algorítmica, la notable mayoría de los desarrollos se encamine hacia la imitación estilística. Para contrastar este hecho tomaremos como referencia el detallado estudio sobre los sistemas de inteligencia artificial aplicados a la composición algorítmica realizado por Fernández y Vico. En este estudio los autores repasan de manera pormenorizada los principales desarrollos que se han producido en este área. Centrando nuestra atención en los sistemas elaborados a través de redes neuronales, estos autores recogen un total de 17 desarrollos reseñables en este campo (Fernández, 2013: 542). Reproducimos a continuación la tabla que ellos mismos elaboran sintetizando sus características principales.



Reference	Composition task	Comments
Todd, 1989	melody	three layers, recurrent
Duff, 1989	melody	two layers, recurrent
Mozar, 1991 (CONCERT)	melody	psychologically-grounded representation of pitch
Lewis, 1991		feedforward model, used as the fitness function in an optimization algorithm
Shibata, 1991	harmonization	feedforward model
Bellgard & Tsang, 1992	harmonization	effective Boltzmann machine
Melo, 1998	harmonization	the ANN is trained to model music tension
Toiviainen, 1995	jazz improvisation	recurrent model
Nishijimi & Watanabe, 1993	jazz improvisation	feedforward model
Franklin, 2001	jazz improvisation	recurrent model
Hild et al., 1992 (HARMONET)	four-part harmonization	three-layered architecture (two ANNs and a constraint system)
Feulner & Hörnel, 1994 (MELONET)	four-part harmonization	uses HARMONET and another ANN for melodic variations
Goldman et al., 1996 (NETNEG)	species counterpoint	ANN for basic melody, an ensemble of agents refine the melody
Verbeurgt et al., 2004	melody	two stages: a Markovian model and an ANN
Adiloglu & Alpaslan, 2007	species counterpoint	feedforward model
Browne & Fox, 2009	melody	simulated annealing with an ANN to measure musical tension
Coca et al., 2011	melody	recurrent model, uses chaotic non-linear systems to introduce variation

Fig. 5 - (6). Relación de sistemas de composición algorítmica llevados a cabo a través de Redes Neuronales. (Fernández, 2013: 542)

Como puede observarse en la tabla, 5 de los sistemas se dirigen directamente a tareas de armonización, todas en el ámbito tonal. Otras 2 al contrapunto de especies. La improvisación de jazz ocupa 3. Por último, 6 realizan tareas de tipo melódico, si bien como los autores detallan, se orientan mayoritariamente hacia estilos tonales.

El condicionamiento armónico de carácter estilístico queda absolutamente en evidencia, siendo incluso el objetivo principal en una considerable proporción de ellos. En consecuencia, ese mismo condicionamiento deja fuera de control del compositor la tarea de coloración armónica, pasando ésta a ser gestionada entonces por las propias condiciones de imitación estilística.

### 5.2.3 Utilización apriorística de escalas, intervalos u acordes determinados

Uno de los procedimientos más comunes que se sigue para el tratamiento armónico en los sistemas de composición algorítmica consiste en partir de una selección de escalas, intervalos u acordes predeterminados, a partir de los cuales son generadas, de manera apriorística, las alturas de los sonidos ofrecidos por el sistema. Evidentemente, una vez realizada toda la programación y ejecutadas las primeras pruebas, es posible a posteriori modificar aspectos de dicha programación asociados al tratamiento armónico. Como, por ejemplo, variar alguna de las escalas predeterminadas. Sin embargo, la orientación general de estos sistemas se dirige hacia una concepción apriorística de tal tratamiento que no facilita la rearmonización a posteriori de secciones musicales completas. Aun menos, si la procedencia de las mismas fuera externa al propio sistema de composición algorítmica.

<pre>(new mode :name 'mode1 :steps '(c d e fs gs bf c)) (new mode :name 'mode2 :steps '(c df ef e fs g a bf c)) (new mode :name 'mode3 :steps '(c d ef e fs g af bf b c)) (new mode :name 'mode4 :steps '(c df d f fs g af b c)) (new mode :name 'mode5 :steps '(c df f fs g b c)) (new mode :name 'mode6 :steps '(c d ef fs gs as b c)) (new mode :name 'mode7 :steps '(c df d ef f fs g af a b c))  (define chords '((0 2 4 5) (0 1 3 5) (0 2 3 4)))  (define (messiaen mode start end rate)   (let ((num (length chords)))     (process for m from start to end       for c = (list-ref chords (random num))       for l = (note (transpose c m) :in mode)       each n in l       output (new midi :time (now)         :keynum n         :duration (* rate 2))       wait (odds .15 (* rate .5) rate))))</pre>	<p>} Definición Armónica</p> <p>} Programación Algorítmica</p>
--	--

*Fig. 5 - (7). Ejemplo ofrecido por Heinrich Taube en su introducción a la Composición Algorítmica a través del lenguaje LISP (Taube, 2004: 158). El código genera trasposiciones de una selección aleatoria de acordes siguiendo los modos de trasposiciones limitadas de Oliver Messiaen. Puede observarse la definición de los elementos armónicos, modos y acordes, de forma apriorística respecto a la programación algorítmica.*

Respecto a la implementación práctica, la mayoría de los lenguajes y librerías especializadas en composición algorítmica ofrecen herramientas de preselección de alturas, escalas, acordes o intervalos. Como es lógico, junto a mecanismos que articulan

su evolución temporal a lo largo de la pieza generada. Como puede observarse en el ejemplo 5-(7), la propia configuración del lenguaje suele imponer una declaración previa del contenido armónico o, cuanto menos, de su estructura. A ella le sigue la formulación algorítmica que, a partir de dicho contenido, genera la estructura temático-formal de la pieza resultante.

En la literatura musical encontramos un ejemplo destacable y bien documentado de este apriorismo en la obra *Horos* para orquesta de Iannis Xenakis (Solomos, 2005).



Fig. 5 - (8). Escala multioktava empleada en los compases 10 a 18 y 67 a 71 de la obra para orquesta *Horos* de Iannis Xenakis.

Partiendo de la escala multioktava que se muestra, definida por el propio autor, Xenakis desarrolla la programación algorítmica tomando como notas fijas el conjunto de alturas que contiene. Tal programación algorítmica se apoya en autómatas celulares, cuya función es asociar estas alturas a duraciones, situación temporal y timbres orquestales, que son establecidos algorítmicamente. La concepción escalística resulta, por tanto, radicalmente apriorística frente a la posterior distribución temático-formal.

#### 5.2.4 Lógica algorítmica para la generación de color armónico

La lógica algorítmica puede ser también empleada para generar directamente acordes. Y a partir de estos acordes, elaborar estructuras temático-formales. De esta manera, es la propia algorítmica la productora de color armónico. Nuevamente, esta producción mantiene el carácter apriorístico respecto a los restantes factores de la construcción musical. Observamos esta posibilidad a través de un ejemplo recogido por Nierhaus (Nierhaus, 2009: 151), y desarrollado a partir de un L-System, que consiste en proceso algorítmico de autosimilitud con resultados de naturaleza semejante a los de un fractal.

***Cadenas de salida del L-System:***

***BAB***

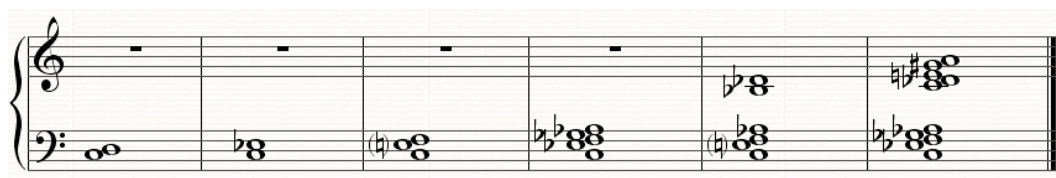
***BAAB***

***BAAABB***

***BAABABBAB***

***BAAABBAABABAAB***

***BAABABBABAAABBAABAAABB***



*Fig. 5 - (9). Utilización de cadenas generadas por un L-System para la construcción de acordes a partir de los cuales desarrollar estructuras temático-formales.*

El ejemplo muestra en primer lugar el resultado del L-System, que consiste en cadenas de creciente longitud formadas con las letras A y B exclusivamente. A partir de cada una de las 6 cadenas del ejemplo se forman los 6 acordes que aparecen a continuación. La lógica de traslación aplicada es sencilla:

- Todos los acordes se forman a partir de la nota fundamental Do
- Cada transición a la siguiente letra corresponde a un semitono
- Sólo la letra B genera una nota

Así, por ejemplo, si tomamos la primera cadena BAB, obtendríamos dos transiciones de letras. Por lo tanto, dos semitonos, que es el intervalo que figura en el primero de los acordes. Y las dos letras B generan las dos notas correspondientes, siendo la inicial la nota Do.

### 5.3 Aplicación a posteriori del tratamiento armónico

Los modelos empleados para el tratamiento armónico en los sistemas de Composición Asistida por Ordenador que hemos estudiado arrojan en síntesis dos tendencias a las que ceñirse en su implementación práctica. La primera, la desatención sobre el proceso de tratamiento armónico. Bien sea por tratarse de una desatención real, como en el caso de la aleatoriedad, o el producto del condicionamiento estilístico automatizado que aplican los sistemas de inteligencia artificial. La segunda tendencia se basa en la aplicación apriorística de la concepción y programación armónica, sea ésta completamente predeterminada o generada a su vez algorítmicamente.

Frente a desatención o apriorismo que impera, de una forma u otra, en la práctica totalidad de procesos de composición algorítmica, es momento de abordar la tercera fórmula, alternativa a ellas dos, que es además el objeto fundamental de esta tesis: la aplicación completamente a posteriori del tratamiento armónico frente a la construcción formal, temática y textural. En este sentido, además de *Designing Music*, tenemos constancia de un único sistema de Composición Asistida por Ordenador orientado en esa línea. Se trata del módulo *Smart Harmony* integrado en el software de composición algorítmica *Music Sketcher* (Miranda, 2001: 183-185). El sistema es un desarrollo del IBM Computer Music Center de Estados Unidos, presentado en el año 1999. Fue mantenido por la compañía como software de libre distribución durante unos pocos años y posteriormente retirado. Aunque hoy en día no se encuentra disponible, consideramos relevante hacer mención sobre él.

Fig. 5 - (10). Ejemplo de aplicación práctica de *Smart Harmony*, ofrecido por los propios autores del programa (Abrams et al., 1999). Muestra la transposición en aproximadamente 4 semitonos de la melodía de la Sonata para piano Kv.545 de W.A. Mozart, adaptada algorítmicamente a la armonía original.

Smart Harmony se trata de un sistema básicamente experimental basado en *constrains*, del cual no nos consta que haya llegado a ser utilizado en la producción artística. Seguramente es debido a su carácter de prototipo experimental, circunscrito además a la música tonal, lo cual implica una notable restricción estilística. Por otro lado, los resultados que ofrecía eran limitados respecto al estricto mantenimiento de los perfiles temáticos de partida. Aún considerando en su programación un cierto tratamiento de las notas extrañas a la armonía, lo cual es esencial para el mantenimiento de ese perfil, sin embargo éste era relativamente rudimentario, sin diferenciar, por ejemplo, entre distintos tipos de notas extrañas, como notas de paso, floreos, apoyaturas, o escapadas (Abrams et al., 1999). Por ello, como se muestra en el ejemplo ofrecido por los propios autores, su resultado operativo, aún siendo notable, contiene apreciables inconsistencias. Como la modificación interválica de segunda a tercera en el grupo de semicorcheas del recuadro 2. O la inversión de la dirección melódica en el recuadro 4.

En cualquier caso, y ante la ausencia de alternativas, Smart Harmony constituye una referencia dentro del modelo algorítmico de aplicación del factor armónico a posteriori, además de suponer un claro precursor de Designing Music, con el que guarda numerosos puntos en común como, por ejemplo, la programación a través de *constrains*, tal y como se describe en el capítulo correspondiente al módulo Harmonizer de Designing Music.

Con esta mención a Smart Harmony concluimos nuestro repaso al contexto tecnológico de Designing Music. Dentro de ese contexto, destacamos y volveremos a abordar el paradigma de la Música Generativa, por ser éste el modelo asociado al módulo Composer de Designing Music. Respecto al contexto del plano armónico, el aspecto más significativo es la ausencia de sistemas algorítmicos similares al del módulo Harmonizer de Designing Music, orientados a un proceso a posteriori, con la excepción de Smart Harmony. En ese sentido, la producción de software para la Composición Asistida por Ordenador resulta coherente con la marcada orientación hacia el apriorismo armónico habitual en la práctica musical que hemos analizado, desde diferentes puntos de vista, en los capítulos previos.

## 6 DM-D: Módulo Composer

---

Hemos investigado y expuesto (capítulo 3) el tratamiento apriorístico del plano armónico frente al temático-formal, común en el proceso creativo en la práctica musical occidental, así como sus posibles causas. A partir de esta constatación, hemos planteado la posibilidad de invertir tal apriorismo, con el apoyo de una herramienta informática. Ello supone la radical independización del plano temático-formal respecto al armónico, al ser aquél elaborado en su totalidad para posteriormente proceder a su coloración armónica.

Seguidamente, hemos estudiado el contexto estético para una propuesta de esta naturaleza, incidiendo en aquellas técnicas y corrientes artísticas que han presentado mayores niveles de independencia entre los citados planos (capítulo 4). Nos hemos detenido, asimismo, en el contexto tecnológico, de manera especial en los planteamientos armónicos asociados a los sistemas de composición algorítmica, rastreando posibles precedentes a esta propuesta (capítulo 5).

Es el momento, por tanto, de acometer el estudio de la herramienta informática DM-D, desarrollada específicamente para la implementación de la propuesta Designing Music. Esta herramienta consta de dos módulos completamente independientes entre sí, aunque comprendidos dentro del mismo entorno de software y coordinados en su operación. El primero es el módulo Composer, que consiste en un compositor algorítmico, capaz de generar estructuras temático-formales, pero sin incluir ningún tipo de procesamiento armónico. Por ello, los resultados musicales que ofrece pudieran ser calificados como atonales.

El segundo módulo es Harmonizer, que con absoluta posterioridad a la elaboración temático-formal procede a aplicar color armónico. Este módulo es el que conduce a la ejecución real de la propuesta Designing Music. Al resultar completamente independiente de Composer, es en realidad capaz de operar a partir de elaboraciones temático-formales realizadas con un sistema diferente a DM-D. Incluso con elaboraciones realizadas manualmente, sin apoyo algorítmico o informático alguno. Por ello, de cara a la propuesta de inversión del proceso, Composer pudiera resultar prescindible, pues es Harmonizer quien lleva a cabo el proceso de rearmonización a posteriori, tomando su entrada de cualquier fuente, Composer o cualesquiera otra.

Sin embargo, dada la vinculación dentro del mismo paquete de software, hemos creído conveniente incluir una descripción de Composer, el cual además agrega funcionalidades especialmente dirigidas hacia su combinación con Harmonizer. La primera funcionalidad es de tipo conceptual. A diferencia de otros entornos de Composición Algorítmica, Composer no incluye absolutamente ninguna herramienta de tratamiento armónico, ni siquiera escalístico. Este hecho, como ya hemos visto, conduce hacia la atonalidad en sus resultados y prepara los mismos para el verdadero tratamiento armónico a realizar posteriormente por el módulo Harmonizer. Las restantes funcionalidades consisten en la posible dirección automática de sus resultados hacia la entrada de Harmonizer, facilitando la operación combinada entre ambos.

Además, Composer presenta un planteamiento y configuración que le es característico y diferenciado de otros sistemas de Composición Algorítmica. En base a todo ello consideramos que merece, por derecho propio, que nos detengamos en él. Destacaremos, en ese sentido, las propiedades que le caracterizan frente a otros programas orientados a la Composición Asistida por Ordenador.



## 6.1 Estructura de DM-D

Previamente a abordar la descripción detallada de Composer, ofrecemos una descripción general de la estructura de DM-D y su modo de operación, especialmente la relativa a su combinación con Harmonizer.

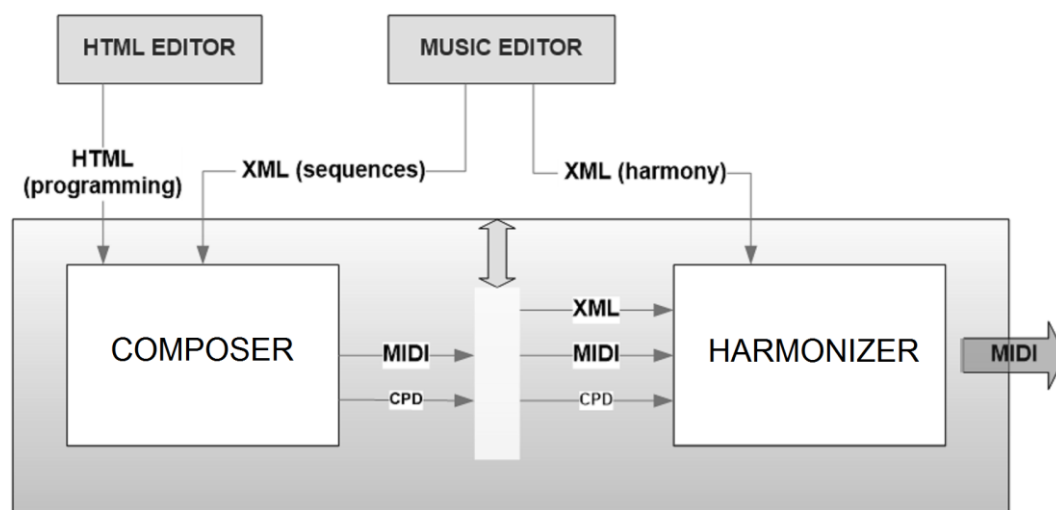


Fig. 6 - (1). Esquema gráfico de la estructura de DM-D. Muestra las vías de comunicación entre sus dos módulos internos, así como con programas externos.

El esquema gráfico muestra los procesos de intercambio de información, tanto por vías internas como externas. El intercambio se realiza a través de archivos de diversos formatos, como muestran las etiquetas del gráfico, incluso internamente entre Composer y Harmonizer. Esta canalización mediante archivos facilita la inspección y manipulación de la información que contienen. De esa manera, por ejemplo, la salida MIDI de Composer puede ser manipulada con un editor o cualquier otro software antes de ser procesada por Harmonizer, lo que se indica a través de la flecha vertical bidireccional.

El movimiento de información a través de los diversos tipos de archivos explica en gran medida el funcionamiento básico de DM-D, que detallamos a continuación.

### 6.1.1 Archivos de entrada y salida de Composer

Como se aprecia en el gráfico, Composer opera con dos archivos de entrada:

- Programación HTML: Se trata del archivo que contiene el conjunto de órdenes concebidas por el compositor para la elaboración de su obra y que ha de ejecutar Composer. Es lo que se conoce comúnmente como la *programación* o, según la nomenclatura de la documentación de DM-D, la *Hoja de Programación* u *Hoja de Composer*. Este archivo emplea el formato HTML<sup>17</sup>, cuya universalidad de uso en Internet facilita su visualización y edición a través de cualquiera de los múltiples navegadores y editores disponibles de este formato. El lenguaje HTML proporciona la ventaja añadida de incorporar numerosas herramientas para la escritura y visualización de tablas en las que, como más adelante describimos, se apoyan las Hojas de Programación del módulo Composer. Por tanto, la escritura de la Hoja de Programación se realiza con un editor HTML externo a DM-D y elegido por el propio usuario<sup>18</sup>. También puede ser visualizada con cualquier navegador de Internet.
- Secuencias XML: Una notable mayoría del software de composición algorítmica facilita de alguna manera la introducción de patrones musicales en su programación. Es decir, breves fragmentos musicales predefinidos, polifónicos o no, cuya repetición y transformación matemática permite generar nuevas estructuras musicales. Estos breves patrones reciben dentro de DM-D el nombre de *Secuencias*. La escritura de estas secuencias dentro de la programación conlleva una cierta dificultad derivada de la codificación a emplear para reconocerlas. Algunos programas de composición algorítmica la resuelven

---

<sup>17</sup> El lenguaje HTML es en el que se encuentra escrito la práctica totalidad de las páginas del servicio World Wide Web de Internet desde sus orígenes. Es, por tanto, el lenguaje que de forma natural visualizan los conocidos como *navegadores* de Internet y un indiscutible estándar como soporte de información desde su implantación, en la década de los 90 del siglo XX.

<sup>18</sup> Para facilitar el uso de DM-D, su software de instalación incluye un editor HTML de tipo *freeware* denominado BlockNote. Se trata de un editor muy sencillo de uso y por tanto óptimo para la programación de DM-D, que sólo requiere la escritura de texto. Este editor se encuentra disponible también en [www.blocknote.net](http://www.blocknote.net) (Consulta realizada el 17 de septiembre de 2015).

empleando un código de texto, mediante el cual se le asignan números o letras a las alturas y duraciones de las notas. Es el caso, por ejemplo, de Common Music (Taube, 2004). Otros agregan editores musicales que, mediante escritura en pentagrama, facilitan la introducción de estas secuencias, como en el caso a modo de ejemplo de Open Music, tal y como muestra la figura.

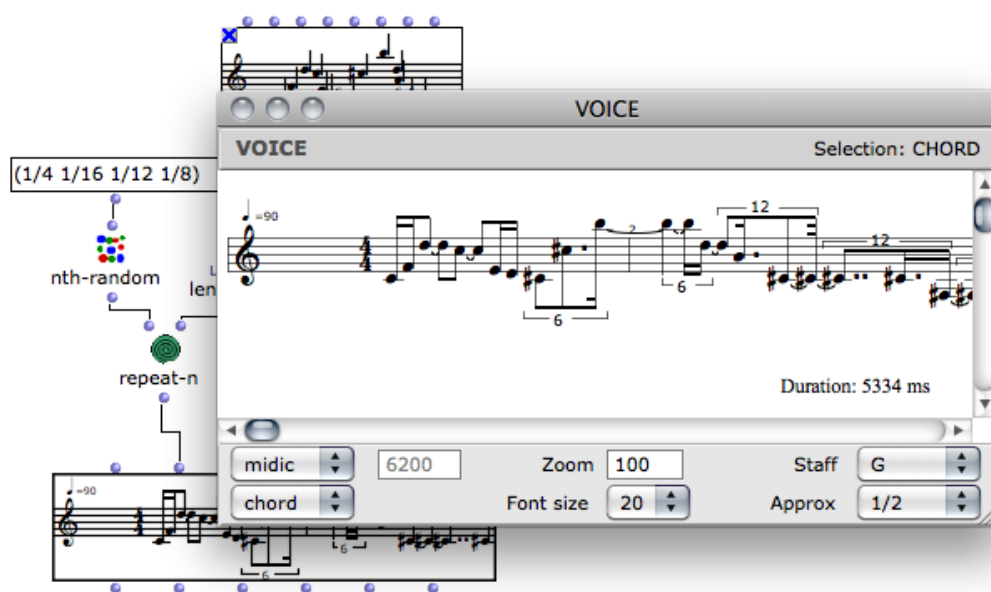


Fig. 6 - (2). Ejemplo de visualización del editor de notación musical incorporado en el entorno de composición algorítmica Open Music. (Bresson, 2011)

En DM-D la opción empleada difiere de las dos citadas. La escritura de secuencias se realiza a través de un programa de notación musical externo, como puedan ser Finale, Sibelius o Musescore por ejemplo, y se incorpora a la programación de Composer a través de un archivo MusicXML<sup>19</sup>. Frente a la codificación de las notas con texto, la escritura convencional en pentagrama

<sup>19</sup> MusicXML es un formato digital de codificación de la escritura musical convencional en pentagrama. Fue introducido en el año 2004 y ha sido progresivamente adoptado por la práctica totalidad del software de notación musical, lo que facilita el intercambio de información entre diferentes programas.

proporciona una visualización mucho más intuitiva. Por otro lado, al tratarse de software especializado, los programas específicos de notación musical ofrecen herramientas de escritura y una representación gráfica de calidad notablemente superior a la de los editores incorporados, como el mostrado de OpenMusic.

Respecto a los archivos de salida, el resultado del proceso de Composer es escrito en formato MIDI, en un archivo MidiFile, tal y como muestra el esquema de DM-D. Este formato surgió en el año 1982 como el primer estándar de codificación y comunicación de eventos musicales entre instrumentos y sistemas de música digital. Con posterioridad han aparecido otros que complementan o amplían sus posibilidades, tal es el caso del antes citado MusicXML. Sin embargo, al ser el pionero, el formato MIDI ha sido y continúa siendo el más universal de los existentes, siendo admitido por la práctica totalidad de sistemas relacionados con la generación, transmisión o reproducción de eventos sonoros en formato digital. Ello implica, por tanto, que los resultados generados por Composer pueden ser abiertos para su visualización, postprocesado o interpretación por cualquiera de dichos sistemas.

Composer genera un segundo archivo de salida, con la extensión CPD, abreviatura de *Composer Data*. Se trata de un archivo en formato texto, que puede ser abierto por cualquier editor de texto. Contiene la misma información que el archivo MIDI y su objetivo es precisamente facilitar la inspección de tal información, dado que los archivos MIDI se encuentran escritos en código binario<sup>20</sup>, el cual no resulta visualizable con editores de texto convencionales. El archivo CPD resulta especialmente útil para comprobar los resultados musicales generados por Composer cuando, por la razón que sea, aparentan no ser los esperados. Tal situación suele normalmente ser debida al proceso de lectura y reconocimiento de la información del MidiFile por parte del software al que es dirigido, normalmente un programa de notación musical o de secuenciación. De esa forma, la inspección del archivo CPD permite descartar errores por parte de DM-D.

---

<sup>20</sup> El protocolo de comunicación MIDI reviste una considerable complejidad al contemplar la codificación comprimida de numerosos aspectos y parámetros de la interpretación musical. Puede encontrarse una de las mejores referencias sobre sus procedimientos técnicos específicos en la web de la MIDI Manufacturers Association, en <http://www.midi.org/techspecs/> (Consulta realizada el 18 de octubre de 2015).

En el ejemplo se muestra un ejemplo de archivo CPD conteniendo una escala de 5 notas cromáticas en valores de negras a partir de Do<sub>4</sub>. El sistema MIDI asigna a cada nota del teclado del piano<sup>21</sup> un número entre 0 y 127. El Do<sub>4</sub> es representado por el valor 60, que es el número que aparece en primer lugar en la columna *Note*. A partir de él, se incrementa en unidades, generando la escala cromática.

CDOG Output Data					
120,4,4,48,12 (tempo, compas-num, compas-den, clicks-parte, clicks-semic)					
Inst	Cpin	Ckin	Dur	Note	Vel
1	1	0	48	60	100
1	1	48	48	61	100
1	1	96	48	62	100
1	1	144	48	63	100
1	2	0	48	64	100

*Fig. 6 - (3). Ejemplo de contenido del archivo CPD generado por Composer y visualizado con un editor de texto convencional. Contiene una cabecera que define parámetros de carácter temporal, como tempo o compás, entre otros. A continuación una serie de líneas, cada una de las cuales corresponde a una nota individual. En este caso, cinco notas en escala cromática ascendente desde Do<sub>4</sub> a Mi<sub>4</sub>, valor que refleja la columna Note.*

Tal y como ha sido previamente apuntado, ambos archivos de salida, tanto el MIDI como el CPD, resultan completamente accesibles al usuario de DM-D, lo que muestra la flecha bidireccional del diagrama de estructura de DM-D. Gracias a ello, Composer opera de manera absolutamente independiente de Harmonizer. Es decir, es posible ejecutar una acción de Composer y, si no se desea un procesado armónico posterior, tomar directamente la salida MIDI generada sin ejecutar Harmonizer. Por la misma razón, también resulta factible manipular con software externo la información MIDI producida por Composer antes de proceder a su armonización con Harmonizer. Incluso introducir a Harmonizer información musical MIDI generada en su totalidad con sistemas externos, completamente ajenos a Composer, que pudiera también ser música escrita manualmente.

<sup>21</sup> Véase la tabla de Valores de Notas MIDI en el punto 3.7 del Apéndice IV

### 6.1.2 Archivos de entrada y salida de Harmonizer

La entrada a Harmonizer ha de constar siempre de dos fuentes: por un lado, el contenido musical a armonizar, y por otro la información armónica que se ha de aplicar a dicho contenido. Como indica el diagrama de estructura de DM-D, esta información armónica es escrita con un editor externo e introducida a Harmonizer a través de un archivo XML, cuyo formato de escritura se documenta en el Capítulo 7.

#### Archivo de Entrada combinado (XML)

Fragmento a Armonizar:

Información Armónica:

#### Archivo de Salida (MIDI)

Fig. 6 - (4). Ejemplo de combinación en un único archivo XML de las dos fuentes de entrada a Harmonizer: el contenido musical procedente de Composer y la información armónica. Esta última contiene sendos acordes por cuartas que son aplicados al fragmento superior para generar el archivo de salida MIDI. En este caso la información escalística para las notas extrañas no ha resultado aplicada (más información en Capítulo 7).

El mismo esquema muestra que el contenido musical a armonizar puede ser tomado en tres formatos distintos: MIDI, CPD o XML. Las características de la información MIDI o CPD se encuentran descritas en el punto previo. Respecto al empleo del formato XML, la principal ventaja que ofrecería frente a los otros dos, razón por la que fue implementado como posible entrada a Harmonizer, es que su contenido puede ser combinado con el de información armónica en un único archivo. De esa manera, es posible visualizar ambas informaciones simultáneas en una misma partitura a través del editor externo, lo que facilita notablemente el proceso de composición y edición armónica por parte del usuario de DM-D.

Por último, como muestra asimismo el diagrama y el ejemplo previo, la salida de Harmonizer se obtiene a través de un archivo MIDI. Su información es prácticamente exacta a la de entrada, con la simple modificación de las alturas de las notas, adaptadas por Harmonizer a la armonía requerida.

## 6.2 Operación general del Módulo Composer

No es nuestro objetivo en este texto desarrollar una descripción detallada, a modo de manual de uso, de Composer. Para una información de tal naturaleza puede consultarse el *Apéndice IV* o el *Tutorial* que se incluye en el sitio web público de Designing Music<sup>22</sup>. Pero sí realizar una panorámica general del modo de operación de este módulo, así como sus principales características.

Composer fue concebido bajo el paradigma algorítmico de la *Música Generativa*, descrito en el capítulo previo. La esencia de este paradigma parte de la presencia, en una considerable mayoría de estilos musicales, de patrones claramente repetitivos o recurrentes. Tomando como base este hecho, tal recurrencia es recreada algorítmicamente a través de unidades conocidas como *Generadores*. La forma de operación básica de cada

---

<sup>22</sup> Web pública de Designing Music, mantenida por el autor. En <http://www.designingmusic.org>

una de estas unidades o generadores consiste, en principio, en la simple repetición más o menos indefinida de un patrón musical concreto.

Sin embargo, estos generadores suelen contar con diversos parámetros de configuración que permiten programar una determinada variación o evolución temporal en el patrón repetido. De esta manera, a través de la combinación de un determinado número de generadores convenientemente programados, es posible recrear estructuras musicales complejas en las que se compagine repetición con factores de variación, de la misma manera que tiende a producirse en la música real. Llegando incluso a conseguir, a través de esta técnica, la imitación de piezas de repertorio, tal y como más adelante se abordará.

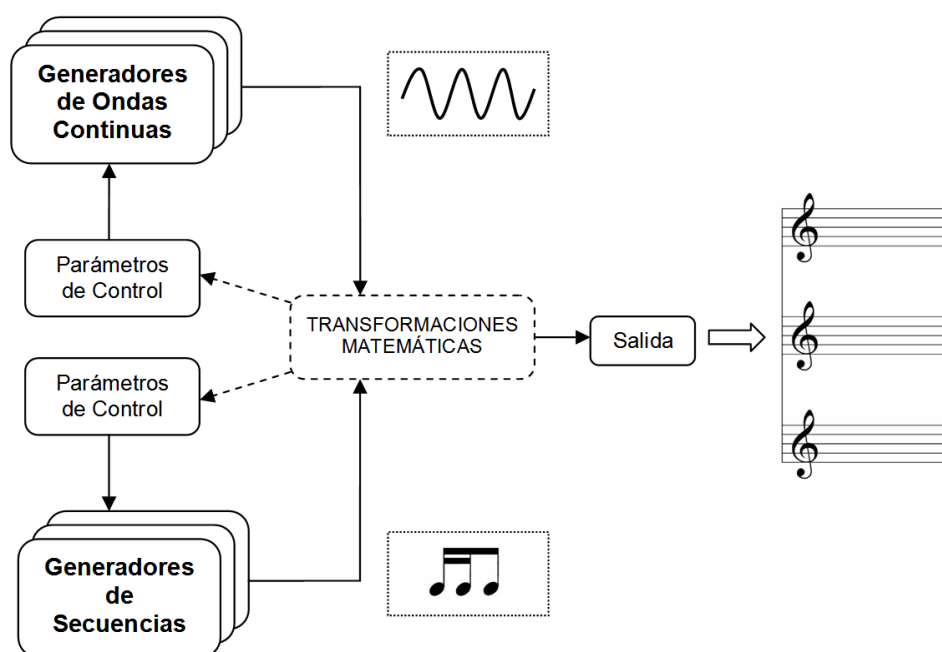


Fig. 6 - (5). Esquema de la estructura general del módulo Composer. Muestra los dos tipos de generadores con que cuenta y la direccionalidad de las transformaciones matemáticas a partir de ellos.

Composer incluye dos tipos de generadores, los *generadores de ondas continuas* y los *generadores de secuencias*. Los generadores de ondas continuas reproducen formas de onda correspondientes a funciones matemáticas básicas, similares a las comunes proporcionadas por los generadores electrónicos de sonido más elementales y empleadas



también por el software convencional de síntesis sonora. Concretamente, onda senoidal, onda triangular, onda en diente de sierra y onda cuadrada<sup>23</sup>. Frente a tales ondas de formato fijo, en los *generadores de secuencias* el patrón a repetir es un motivo musical de cualquier tipología o número de notas, incluso polifónico, introducido expresamente desde el editor musical externo.



Fig. 6 - (6). Ejemplos de operación básica de los generadores de Composer y combinaciones entre ellos. A muestra la salida de un generador de ondas continuas programado con forma de onda en diente de sierra. B muestra la salida de un generador de secuencias cuyo motivo a repetir es el recuadrado. (A+B) es el resultado de sumar a B el valor de A. (A+B)' ha sido producido eliminando algorítmicamente y de forma aleatoria un 30% de las notas de (A+B).

Cada uno de los generadores cuenta con unos determinados parámetros numéricos de configuración, como por ejemplo los compases durante los que permanece activo o la tesitura de notas musicales sobre la que actúa. Con el fin de obtener estructuras musicales complejas, resulta posible modificar en el tiempo los parámetros que definen estos generadores. También realizar operaciones matemáticas sobre uno o un conjunto de ellos. O emplear los propios generadores para controlar los parámetros de otros generadores. En

<sup>23</sup> En este sentido, DM-D recoge la herencia de CSOUND, entorno de síntesis sonora en el que se inspira y del que parcialmente deriva. Véase apéndice V.

éste último caso, el generador no es utilizado para obtener una salida musical directa, sino simplemente para controlar la evolución temporal de otro generador.

Observemos una forma básica de operación de Composer a partir de tan sólo dos generadores en el ejemplo 6 - (6):

- El **pentagrama A** muestra la salida de un generador de ondas continuas programado con diente de sierra ascendente y una periodicidad de 7 corcheas.
- El **pentagrama B** muestra la salida de un generador de secuencias, cuyo motivo es el recuadrado al inicio de una blanca de duración. Ha sido programado para repetir el motivo sin ningún tipo de transformación.
- El **pentagrama (A+B)** es el resultado de sumar a las notas de B el valor de A. De esa manera el efecto de A es en realidad realizar un transporte a B, siguiendo el perfil de su onda en diente de sierra. En el ejemplo se aprecia efectivamente cómo las notas de B son transportadas de acuerdo a la evolución de A.
- El **pentagrama (A+B)'** es generado eliminando de manera aleatoria un 30% de las notas de (A+B).

A través de este ejemplo se muestra cómo es posible obtener un resultado final de cierta complejidad a partir de unas operaciones muy elementales sobre dos generadores. Es fácilmente deducible, como también se ofrecerán más adelante ejemplos, que a partir de un mayor número de generadores convenientemente programados se puede llegar a obtener estructuras musicales de compleja sofisticación. Junto a la posibilidad de sofisticación, las técnicas algorítmicas enmarcadas bajo el paradigma de la música generativa proporcionan al compositor un elevado nivel de control sobre el resultado. Es precisamente esta combinación de simplicidad de la programación que ofrece la técnica de generadores, junto a la complejidad en el resultado y posibilidad de control, la que condujo a decantarnos por éste paradigma a la hora de concebir y emprender el desarrollo de Composer. En el siguiente apartado, ya desde la perspectiva visual, completamos la información sobre su forma de operar.

## 6.3 La dimensión visual en Composer

A diferencia del módulo Harmonizer, existe un variado software que permite implementar técnicas algorítmicas de composición dentro del paradigma de la música generativa. Las razones para acometer el desarrollo de un módulo específico de estas características dentro de DM-D fueron esencialmente tres. La primera de ellas, la facilidad de integración directa con el módulo Harmonizer. La segunda, la posibilidad de configurar las opciones de este software de acuerdo a nuestras necesidades creativas, persiguiendo también una cierta sencillez de uso. En este sentido, se incluyeron las funciones a nuestro juicio estrictamente necesarias, evitando la tendencia generalizada en este tipo programas a incluir un elevado número de opciones y funciones, generalmente creciente según aparecen nuevas versiones. Consideramos que esta restricción permite concentrar la atención en la tarea creativa, evitando la dispersión en la que puede llegar a derivar la oferta de una gran cantidad de opciones.

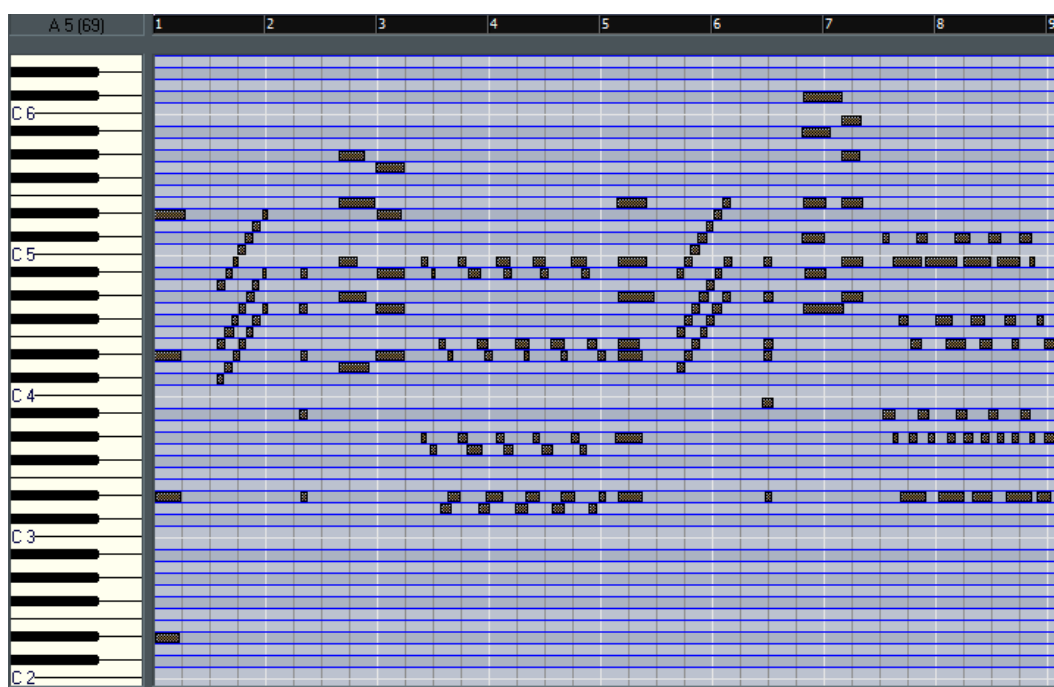
Por último, la tercera y quizás más relevante de las razones, se encuentra en relación con el *interface* de usuario y el planteamiento visual elaborado para DM-D. Hemos tenido ya ocasión previamente de tratar acerca de la relación entre la dimensión visual y la sonora. En concreto, en el capítulo 3, punto 3.2.3, se aborda el vínculo entre los preceptos éticos medievales y el desarrollo de la escritura musical como posible germen del apriorismo armónico característico de la música culta occidental. Y en el capítulo 5, punto 5.1, se ofrece un comentario sobre la expresión artística conocida como Visual Music, que se basa en la asociación directa entre la experiencia visual y la sonora. Y es que, desde la aparición de la escritura musical diastemática, hace más de un milenio, la relación entre los dos ámbitos ha resultado cada vez más intensa, especialmente en el último siglo. Notario lo sintetiza en pocas palabras:

La visualización es uno de los capítulos más interesantes a la hora de estudiar la música. Adorno, Bosseur, Dorfles, Fufrenne, Kandinsky, Morpurgo y Souriau, entre otros, le han dedicado algún espacio a la reflexión sobre las múltiples relaciones entre lo visual y lo sonoro en, al menos, dos ámbitos: la notación musical y la grafía, por una parte, y la iconografía, por otra.

Las reflexiones de los compositores, la de los oyentes, pero también las de los pintores - Klee, Kandinsky, Richter - y las de los filósofos - Dorfles, Dufrenne, Souriau - dejan constancia de la existencia de una relación peculiar entre lo visual y lo sonoro. Una relación que se encuentra en el punto de partida del camino de la pintura hacia la abstracción o de la notación musical hacia la

grafía. Del aspecto visual de la música se puede hablar en dos sentidos: o bien refiriéndose a la notación y las grafías musicales, es decir, los procedimientos variados y complejos de escritura, o bien a la presencia de la música en las artes plásticas. Cada uno de estos ámbitos ofrece claves abundantes sobre el pensamiento musical de cada época. Incluso en los años sesenta y setenta del siglo XX se ha producido una convergencia entre ambos aspectos, de forma que muchas grafías musicales han pasado a tener más importancia por su pura visualidad que como escritura. (Notario, 2007: 131)

Efectivamente, la toma de conciencia sobre el estrecho vínculo que en nuestra cultura se produce entre lo visual y lo sonoro ha llevado a numerosos pensadores a la reflexión sobre el hecho y al estudio de sus diferentes perspectivas. Una de ellas ha sido la constatación de cómo la grafía musical puede llegar a condicionar el resultado sonoro. Ello condujo en la práctica, a partir de la segunda mitad del s.XX, a la exploración de sistemas gráficos alternativos al convencional, llegando a explotar en su extremo, como nos recuerda Notario, incluso la dimensión artística de la propia grafía.



*Fig. 6 - (7). Frederik Chopin, Polonesa Op.53. Ocho primeros compases representados a través de la vista de "rollo de pianola" de un programa secuenciador.*

El desarrollo de la informática personal, a partir de la década del año 1980, ha producido un incremento acusado de esta exploración gráfica para dar soporte al registro musical. Siguiendo el propio espíritu de la informática personal, como sistema para automatizar, simplificar y acercar procesos complejos a un gran público frecuentemente no especialista, se han llegado a consolidar procedimientos informáticos de grafía musical que prescinden del tradicional pentagrama y de la necesidad de conocimiento de lenguaje musical. El más universal de ellos probablemente sea el conocido como *rollo de pianola*, empleado por la práctica totalidad de los programas secuenciadores, el cual permite a una persona sin ningún conocimiento previo y de una forma intuitiva acceder a la escritura musical, con un periodo de aprendizaje de unos pocos minutos.

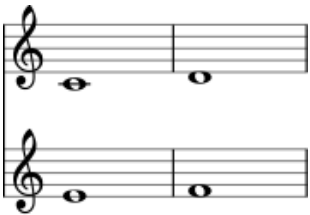
<pre> s = stream.Score(id='mainScore') p0 = stream.Part(id='part0') p1 = stream.Part(id='part1')  m01 = stream.Measure(number=1) m01.append(note.Note('C', type="whole")) m02 = stream.Measure(number=2) m02.append(note.Note('D', type="whole")) p0.append([m01, m02])  m11 = stream.Measure(number=1) m11.append(note.Note('E', type="whole")) m12 = stream.Measure(number=2) m12.append(note.Note('F', type="whole")) p1.append([m11, m12])  s.insert(0, p0) s.insert(0, p1) s.show('text') {0.0} &lt;music21.stream.Part part0&gt; {0.0} &lt;music21.stream.Measure 1 offset=0.0&gt; {0.0} &lt;music21.note.Note C&gt; {4.0} &lt;music21.stream.Measure 2 offset=4.0&gt; {0.0} &lt;music21.note.Note D&gt; {0.0} &lt;music21.stream.Part part1&gt; {0.0} &lt;music21.stream.Measure 1 offset=0.0&gt; {0.0} &lt;music21.note.Note E&gt; {4.0} &lt;music21.stream.Measure 2 offset=4.0&gt; {0.0} &lt;music21.note.Note F&gt; s.show() </pre>	
--	--

Fig. 6 - (8). Music21, ejemplo de código que genera las 4 notas de la derecha. Fuente: Massachusetts Institute of Technology. Music21, Guía de Usuario, capítulo 6.

([http://web.mit.edu/music21/doc/usersGuide/usersGuide\\_06\\_stream2.html](http://web.mit.edu/music21/doc/usersGuide/usersGuide_06_stream2.html), consulta realizada el 20 de enero de 2016).

Dentro del campo de la composición algorítmica, el desarrollo visual ha resultado más limitado. La composición algorítmica se apoya de forma intrínseca, como su propio nombre indica, sobre el lenguaje matemático o conceptual. Y son estas expresiones matemáticas, más que una posible representación espacial como la de *rollo de pianola*, las que recogen los procedimientos y las abstracciones necesarias para elaborar una idea compositiva desde la perspectiva algorítmica. Es por ello que la inclusión del lenguaje matemático termina limitando las posibilidades visuales para un entorno gráfico sobre el que apoyarse.

En los entornos de programación especializados en composición algorítmica se han impuesto dos tipos básicos de visualización. El primero de ellos es el *tipo código*, empleado universalmente por la mayoría de los sistemas de programación desde los mismos albores de la informática, del que se muestra en ejemplo en la figura 6-(8). Al ser la composición algorítmica en esencia un proceso de programación, los primeros lenguajes específicos en este área adoptaron de forma natural este tipo visualización. Todavía hoy en día muchos emplean dicho formato, como por ejemplo Common Music, Chuck, Athena CL o Music21, entre otros.

El segundo es el conocido como *tipo VPL* (Visual Programming Lenguaje). Este interface se basa en la interconexión gráfica, mediante líneas, de los bloques de código o elementos de programación. Las líneas indican las relaciones entre las diferentes secciones de código, ofreciendo una impresión visual del flujo de programa. Esta impresión visual puede hacer más accesible la comprensión de la estructura del programa, especialmente en programas sencillos, por lo que los VLPs se han extendido fundamentalmente en entornos de programación de tipo educativo. La primera aplicación destacada en el ámbito musical se produjo con el software de programación algorítmica MAX-MSP, cuya andadura se inició a finales de la década de los 80 del siglo pasado en el IRCAM y ha llegado a ser considerablemente popular en la actualidad. Le siguieron otros como Pure Data u Open Music, también de amplia implantación.



que pudiéramos considerar intermedio entre ambos. Del *tipo código* se adoptan las expresiones de programación y la relación entre tales expresiones a través de nombres idénticos en vez de líneas. Del *tipo VPL*, las referencias espaciales, por medio de tablas de formato fijo. Además, cada tabla incluye una cabecera con el nombre de los parámetros a configurar, lo que proporciona un nemotécnico permanentemente visible del que suelen carecer otras aplicaciones. Como muestra el ejemplo, se agrega, por debajo de ésta, otra fila que contiene el valor por defecto para cada una de las columnas, los cuales se encuentran preconfigurados en la plantilla de la Hoja de Programación, aunque son editables.

**GENERADORES DE SECUENCIAS**

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.
V.def.	1	0	1	0	0	1	0	4	16	0	1	0	0

Fig. 6 - (10). Organización visual de una tabla de definición de generadores en el módulo Composer.

Cada una de las filas en blanco se emplea para definir un generador. Es posible añadir tantas filas como generadores se desee programar. La fila de valores por defecto contribuye a la limpieza visual respecto a la programación de los generadores. Es frecuente que muchos de ellos empleen los mismos valores en el parámetro de una misma columna. El valor por defecto proporciona dicho valor si se deja en blanco la casilla correspondiente. Así, como se aprecia en el siguiente ejemplo, es posible que diversas casillas en las tablas de definición de generadores permanezcan vacías, contribuyendo a la claridad en la presentación.



**CONFIGURACION**

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Valor	3	120	4	4	0	0

**CALCULOS**

TCAL	Expresión	Comentario
Silen	(nrand(10)>3)	

**GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS**

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clicks	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad
V.def.	2	1	0	1	0	12	16	0	12	1	80	64	0	30
Gen1				0	168	24			24	3				
Gaux				0	12						Silen	Silen		

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del periodo, 2 si se calcula al finalizar una nota.  
 Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.

**GENERADORES DE SECUENCIAS**

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua
V.def.	1	0	1	0	0	1	0	4	16	0	1	0	0	0
Sec1								0						

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

**SALIDA**

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
	1	Gen1	Gen1u	Gen1i		
	2	Sec1	Sec1u	Sec1i		
	3	Sec1+Gen1-64	Sec1u	Sec1i		
	4	Sec1+Gen1-64	Sec1u	Sec1i*Gaux		

Fig. 6 - (11). Organización visual de una Hoja de Programación completa del módulo Composer. Corresponde a la programación empleada para generar el ejemplo 6 - (6). (+Prog)

Como se observa en el ejemplo, la Hoja de Programación de Composer se organiza en cinco tablas. La primera, *Configuración*, define los valores generales de entorno, como el compás, el tempo o el número total de compases a generar. Las otras cuatro restantes tablas son las que establecen la programación propiamente dicha. Puede observarse en la

imagen que aparecen nombres idénticos<sup>24</sup> en ellas. Por ejemplo, *Gen1* figura en la primera columna de la tabla *Generadores de Ondas Continuas*. El mismo término se repite en la primera fila de la tabla *Salida*. Este término común es el que establece la conexión entre las casillas donde se encuentra, equivalente a las líneas de la visualización tipo VPL.

Respecto a la operatividad de las tablas de programación, ofrecemos una descripción general:

- Tabla CÁLCULOS: Esta tabla se utiliza para definir cálculos o funciones matemáticas que van a ser empleadas reiteradamente en las siguientes tablas, evitando tener que repetirlos. En el ejemplo, se define el cálculo *Silen*, que después es empleado dos veces en el generador *Gaux*.
- Tabla GENERADOR DE ONDAS CONTINUAS: Se emplea para definir generadores de ondas continuas y configurar sus parámetros. Cada fila corresponde a un generador. En el ejemplo se han definido dos generadores: *Gen1* y *Gaux*.
- Tabla GENERADOR DE SECUENCIAS: Utilizada para definir generadores cuyo patrón de repetición es un motivo musical introducido desde el editor de música externo. Cada fila corresponde a un generador. Se ha definido en el ejemplo un único generador, *Sec1*, que toma el motivo de una blanca de duración empleado en el ejemplo 6 - (6).
- Tabla SALIDA: Establece qué valores matemáticos de la programación van realmente a producir notas musicales. En la tabla se han definido cuatro

---

<sup>24</sup> Estos *nombres idénticos* a los que nos referimos se conocen en el ámbito de la programación informática como *variables*. Una *variable* es un término que representa un valor numérico variable, determinado por algún tipo de función matemática dentro del programa. Si se invocan en distintas partes del programa, contienen siempre el mismo valor para un mismo momento de ejecución.

instrumentos de salida, que corresponden a cada uno de los pentagramas que figuran en el ejemplo 6 - (6).

En el apéndice VI es posible encontrar una explicación más detallada de la programación de este ejemplo. Tomándolo tan sólo como muestra, nuestro objetivo ha sido incidir en el aspecto visual de Composer. A nivel de generación algorítmica encontramos otras aplicaciones suficientemente abiertas y potentes como para implementar procesos similares a los de Composer. Tal podría ser el caso de Common Music, Music21 o Max-Msp. Sin embargo, como hemos podido apreciar a través de los ejemplos, lo que hace específico a Composer es realmente su entorno visual. Y como también mostraremos en lo sucesivo, la capacidad de éste para sostener programaciones complejas a partir de pocas líneas de código, garantizando la claridad, las referencias espaciales y el orden visual.

Esta claridad y orden visual resultan esenciales, cuando no críticos, para un sistema de representación musical. Junto a ellos, la *compacidad de código*, es decir, la capacidad para representar una elevada cantidad de información a través del menor código posible, constituye asimismo un factor de relevancia. Sólo a partir de un especial cuidado de estas características puede un sistema de representación llegar a constituir una herramienta útil para la práctica musical, pues facilitará al músico la concentración de su atención sobre aspectos realmente musicales, minimizando en consecuencia el esfuerzo de comprensión del registro gráfico que la soporta. Sin duda, la eficacia respecto a tales características ha contribuido a que el tradicional sistema de pentagrama, el de tablatura o el reciente *rollo de pianola*, se hayan impuesto sobre tantos otros, desde las arcaicas notaciones neumáticas o alfabéticas, hasta la infinitud de propuestas modernas. Y ha sido una meticulosa toma en cuenta de estas consideraciones la que ha guiado la concepción de Composer, tratando de conjugar potencia algorítmica con eficacia visual.



## 7 DM-D: Módulo Harmonizer

---

El módulo Harmonizer constituye la herramienta principal para la implementación práctica de la propuesta Designing Music. Permite aplicar color armónico a una estructura musical dada, sin alterar su configuración formal ni sus procesos temáticos. Desde el punto de vista de la creación musical facilita, por tanto, la elaboración absolutamente a posteriori del plano armónico frente al formal-temático, tal y como se establece en dicha propuesta. El procedimiento técnico empleado para ello es la modificación de las alturas para adaptarlas a la nueva armonía, tratando a la vez de respetar en el mayor grado posible los perfiles temáticos originales, lo cual, como expondremos, implica una considerable complejidad conceptual y algorítmica.

Aunque puede actuar de manera completamente independiente, Harmonizer se encuentra integrado en el entorno de composición algorítmica DM-D. En el capítulo previo hemos tenido la ocasión de describir cómo se produce esta integración, así como los aspectos generales sobre la forma de operación y los procedimientos de intercambio de información que lleva a cabo, los cuales se realizan por medio de diferentes tipos de archivos (ver punto 6.1.2).

En este capítulo nos centraremos en los aspectos netamente musicales de Harmonizer, describiendo en detalle su concepción, las técnicas armónicas que aplica y los mecanismos conceptuales de programación desarrollados para llevar a cabo tales técnicas.

## 7.1 Principios generales de Harmonizer

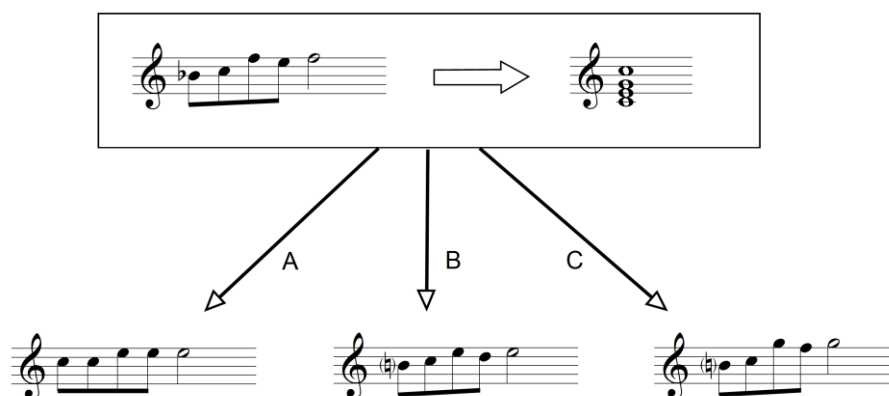
El desarrollo informático de un armonizador tal y como ha sido planteado pudiera, en apariencia, resultar una tarea relativamente simple. En síntesis, el procedimiento a llevar a cabo consiste tan sólo en la ligera modificación de la altura de las notas originales para lograr que se adapten a la nueva armonía indicada. Sin embargo, si el propósito es respetar lo más fielmente posible la trama temática del original, la tarea aumenta considerablemente su complejidad, como constataremos en lo sucesivo.

Repasando el contexto tecnológico, en relación con la armonía los esfuerzos han sido concentrados en la imitación estilística automatizada, lo que supone la generación simultánea de todos los factores musicales desde la forma a la temática, incluyendo también la armonía (ver punto 5.2.2). La rearmonización de una estructura temático-formal dada se presenta como una perspectiva sorprendentemente desatendida, siendo *SmartHarmony* el desarrollo más destacado en el área (ver punto 5.3). Sin embargo, como hemos podido evaluar, el respeto de *SmartHarmony* a los perfiles temáticos resulta limitado. En definitiva, las referencias en éste campo resultan escasas y las que existen ofrecen resultados que pudiéramos considerar limitados. Es precisamente esta ausencia de herramientas con un nivel de precisión y versatilidad suficientes la que condujo al desarrollo de Harmonizer.

Partiendo de estas premisas, el principal objetivo propuesto para el desarrollo de Harmonizer es la rearmonización de estructuras temático-formales mediante procesos armónicos establecidos por el usuario, respetando en el mayor grado posible los perfiles temáticos de partida. Combinado con un *interface* de uso sencillo, pero a la vez potente y versátil en cuanto a capacidades. Analicemos las características y dificultades que entraña este objetivo a través de diversos ejemplos.

En la figura a continuación se sintetiza la problemática que se presenta para adaptar el motivo propuesto a una armonía triádica de Do Mayor, dentro también de la tonalidad de Do Mayor, alterando en la menor medida posible sus características temáticas. Un algoritmo simple, que tan sólo desplace las notas de partida hasta la nota del acorde más próxima, generará una salida como la del caso A. Como puede observarse, el perfil

temático original quedaría notablemente desvirtuado, desapareciendo los movimientos de 2ª que le caracterizan.



*Fig. 7 - (1). Adaptación del motivo inicial a una armonía triádica de Do M (dentro de la tonalidad de Do M). Caso A: sin emplear notas extrañas. Casos B, C: incluyendo notas extrañas.*

Si el mismo problema se le presenta a una mente humana experta y entrenada, es muy probable que escoja la situación B o la C. Haría uso de una apoyatura en la primera corchea y un floreo en la tercera. Y la percepción auditiva en ambos casos resultaría muy próxima al original, cuanto menos la más próxima. El ejemplo nos permite extraer una primera conclusión respecto a la rearmonización de una estructura temática. Si se desea fidelidad respecto al original resulta imprescindible incluir notas extrañas a la armonía en dicho tratamiento.

Supongamos ahora que contamos con un algoritmo mucho más sofisticado, que es capaz de tratar notas extrañas a la armonía durante el proceso de rearmonización. En una situación como la del siguiente ejemplo volvería a producirse una disfunción. En los grupos de semicorcheas, el algoritmo detectaría intervallos amplios que evolucionan desde una octava hasta una quinta. Tales intervallos no son, en principio, susceptibles de un tratamiento que pueda comprender notas extrañas, pues todas ellas, excepto la nota pedal, se asocian, de uno u otro modo, a intervallos de segunda. Tal algoritmo, por tanto, terminaría generando una rearmonización como la del caso A.

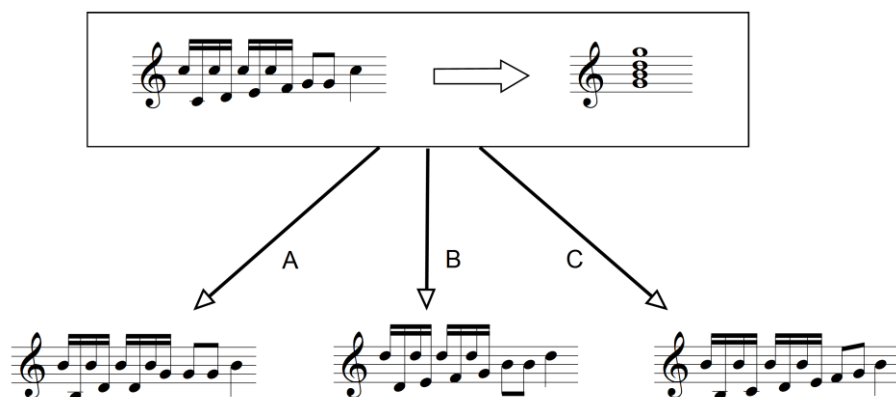


Fig. 7 - (2). Adaptación del motivo inicial a una armonía triádica de Sol M (dentro de la tonalidad de Do M).  
Caso A: sin detectar la línea melódica implícita. Casos B, C: detectando la línea melódica implícita.

De nuevo, si al mismo problema se enfrenta una mente humana conocedora de la materia, con seguridad detectaría la línea melódica implícita en la base del arpeggio. Y dado el trayecto de dicha línea melódica, sería tratada incluyendo notas de paso, como en el caso B o C. A través de este ejemplo, extraemos una segunda conclusión respecto a la rearmonización de una estructura temática. En situaciones arpegiadas, si se desea fidelidad respecto al original, resulta imprescindible detectar líneas melódicas implícitas y tratarlas como tales.

Concluyendo, habíamos establecido como principio principal de desarrollo para Harmonizer la consecución del mayor grado de fidelidad temática respecto al original, dentro de las posibilidades de adaptación a la nueva armonía solicitada. A partir de él se derivan otros dos. Por un lado, la necesidad de inclusión de notas extrañas a la armonía en el proceso de rearmonización y, por otro, el requisito de detección y tratamiento de líneas melódicas implícitas en situaciones arpegiadas. Es evidente que, desde el punto de vista conceptual e informático, una tarea de esta naturaleza no puede ser implementada por un algoritmo simple. Muestra de ello son las más de 5000 líneas de código escritas para la programación de Harmonizer (ver apéndice V), lo que se traduce en una considerable complejidad de programación cuyos aspectos musicales más característicos abordaremos a lo largo del capítulo.



Por último, a partir de los ejemplos planteados y las consideraciones realizadas sobre las notas extrañas a la armonía pudiera deducirse una estricta orientación de Harmonizer hacia la música tonal. Por supuesto, DM-D y, dentro de él, Harmonizer cuentan con la capacidad de generar y manipular con precisión estructuras completamente tonales. Sin embargo, como herramientas de investigación y creación, disponen de amplias posibilidades flexibilidad y configuración que se abren hacia otras muchas estéticas. De hecho, así se expone en el capítulo 9, su uso artístico se ha situado fuera de la tonalidad, con lo que desde el origen, su concepción realmente se dirige a trascender el ámbito tonal. La razón, entonces, para incluir tratamientos sofisticados como los de las notas extrañas a la armonía o las líneas melódicas implícitas, que aparentan relacionarse exclusivamente con la música tonal, son varias.

En primer lugar, como veremos, estos tratamientos resultan completamente configurables e incluso anulables. Por otro lado, consideramos la Música Tonal Clásica como una de las estéticas más precisas y exigentes desde el punto de vista técnico compositivo. Ello quiere decir que un sistema que sea capaz de responder a dicha exigencia y precisión cuenta con una considerable potencia para, con una configuración diferente, abordar otras estéticas diferentes. Y en tercer lugar, hemos de considerar que mucha música no tonal, e incluso de vanguardia, a pesar de evitar tales comportamientos tonales sí que, en cambio, mantiene unos usos temáticos relativamente tradicionales que incluyen un claro empleo de notas extrañas a la armonía. Observémoslo a través del siguiente ejemplo.

The image shows a musical score for a Viola solo. It consists of two systems of music. The first system has eight measures, and the second system has four measures. Above the first system, there are labels: (Ap), (Ap), (P), (Fl), (P), (P), (Fl), and (P). Above the second system, there are labels: (Ap), (Fl), and (Ap). The tempo is marked 'Lento' and the dynamic is 'p'. The score ends with the instruction 'poco a poco cresc.'.

Fig. 7 - (3). Penderecki, *Cadenza per Viola sola* (1984), dos primeros sistemas. Sugerencias de notas extrañas a la armonía, indicadas como Ap: Apoyatura, P: Paso, Fl: Floreo.

Es evidente que este arranque de la *Cadenza per Viola sola* de Penderecki, compuesta en el año 1984, no puede considerarse de ninguna manera tonal. Sin embargo, sí presenta una cierta tendencia hacia una modalidad locria, con tónica Sol<sup>25</sup>. En efecto, el apoyo sobre la nota Sol durante todo el primer sistema resulta notorio, con apoyos alternativos en Si bemol y Re bemol, para recuperar fugazmente la referencia de Sol en el centro del segundo sistema.

La direccionalidad melódica y la insistencia consiguen que se destaque al oído, por tanto, las notas Sol, Si bemol y Re bemol. Es decir, que sean percibidas como las notas principales, definitorias de una intencionalidad armónica subyacente. Entre ellas surgen otras de carácter secundario, como elementos de transición o llegada hacia estas notas principales. Aquellas secundarias ejercen, por tanto, un pleno papel de notas extrañas a la armonía, desarrollando además gestualidades melódicas que se corresponden plenamente con este tipo de notas, tal y como han sido indicadas en la propia figura.

Hemos tomado esta pequeña muestra de Penderecki para ilustrar el tratamiento de notas extrañas a la armonía dentro de estéticas musicales no tonales. El mismo comportamiento puede observarse en una considerable mayoría de la producción de otros muchos creadores no tonales que renuncian a la ruptura radical con los procesos temáticos convencionales como, por ejemplo, Stravinsky, Albang Berg o Bartok, hasta Lutoslawsky, Gubaidulina o el minimalismo en su conjunto. Y tantos otros que, al menos en una parte de su obra, se caracterizan por tal comportamiento.

Por todo ello, un rearmonizador, como Harmonizer, que conjuge la capacidad de adaptación a los procesos temáticos tonales con la flexibilidad en su configuración, se encontrará preparado para abordar innumerables situaciones armónicas que trascienden, con mucho, el ámbito tonal. En el caso de Harmonizer, en los próximos capítulos se presentan diversos ejemplos que muestran en la práctica el alcance de esta concepción.

---

<sup>25</sup> Modo Locrio de Sol: 

## 7.2 Operación del Módulo Harmonizer

En el punto 6.1.2 se presenta una descripción de los archivos de entrada y salida a Harmonizer, ofreciendo una primera impresión sobre el modo de operación que lleva a cabo y que a continuación detallamos. Este módulo emplea un archivo adicional que no figura en aquella descripción, pues no contiene información musical estrictamente. Se denomina *conar.txt* y su función es configurar y controlar la forma de operar de Harmonizer<sup>26</sup>. Como indica su extensión, se trata de un archivo en formato texto, editable con cualquier editor de texto básico y a él nos referiremos sucesivamente, pues de éstas posibilidades de configuración se desprende, en cierta medida, las diferentes opciones de tratamiento armónico que Harmonizer puede aplicar.

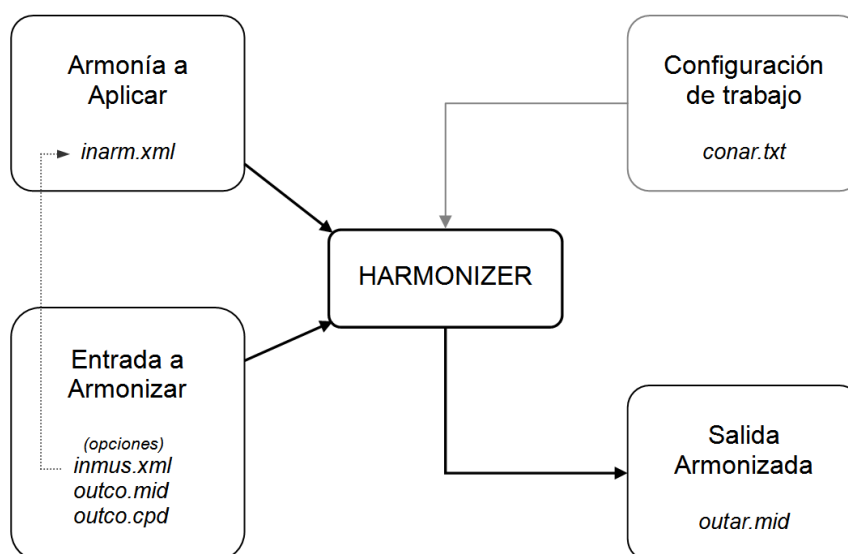


Fig. 7 - (4). Estructura de operación de Harmonizer y archivos sobre los que se desarrolla.

<sup>26</sup> Para más información, en el Apéndice VII se incluye un ejemplo tipo de este archivo. También se encuentra, en el punto 4 del Apéndice IV, una relación de los diferentes parámetros configurables en el archivo, junto a una breve descripción.

Como se desprende de la figura, para el proceso de armonización se recoge información de tres fuentes. La primera fuente es el fragmento musical de entrada a armonizar, que puede tomarse también en tres formatos diferentes a escoger por el usuario (*inmus.xml*, *outco.mid*, *outco.cpd*). La segunda fuente es la definición armónica a aplicar (*inarm.xml*). Y la tercera y última fuente es la configuración para el proceso de armonización (*conar.txt*). Con estos datos, Harmonizer ejecuta el proceso de armonización y genera un archivo muy similar al de entrada pero con el color armónico solicitado ya aplicado (*outar.mid*).

La línea que relaciona el archivo *inmus.xml* con *inarm.xml* hace referencia a la posibilidad de combinar ambas informaciones en un único archivo. Es decir, el archivo *inarm.xml* puede contener, junto a la definición armónica, la información del fragmento musical a armonizar. Esta opción facilita la visualización simultánea de ambas en el editor externo de notación musical. Todas estas alternativas<sup>27</sup> de entrada se configuran a través del archivo *conar.txt*. En los diferentes ejemplos que se muestran en lo sucesivo se emplea esta visualización combinada.

### 7.2.1 Armonía a aplicar

Respecto a la armonía a aplicar, se define en dos ámbitos. Por un lado el de las notas extrañas y por otro el de las reales de la armonía. La manera de representarlos se lleva a cabo a través de un mínimo de dos pentagramas:

- Primer pentagrama de la definición: Escala de notas extrañas a aplicar.
- Siguiente o siguientes pentagramas: Acorde o agregado armónico para las notas reales. Puede emplearse desde un solo pentagrama hasta varios.

---

<sup>27</sup> El parámetro *Music Source* del archivo *conar.txt* define de dónde toma Harmonizer la entrada. Este parámetro puede adoptar un valor de 0 a 3. La correspondencia que se establece es 0:*inmus.xml*, 1:*outco.cpd*, 2:*inarm.xml* (entrada combinada con información armónica), 3:*outco.mid*. Existen otros parámetros de configuración de la entrada, como por ejemplo *First Music Ins* o *Last Music Ins*, que permiten seleccionar qué pentagramas del archivo de entrada serán leídos y procesados. Más información en Apéndice IV punto 4, y en Apéndice VII.

Entrada a armonizar:



Armonía a aplicar:



7



Salida armonizada:



7



Fig. 7 - (5). Muestra de operación de Harmonizer e información de entrada y salida. La entrada a armonizar y la armonía a aplicar figuran en el mismo archivo, inarm.xml, con lo cual ambas se visualizan simultáneamente en vertical. La salida armonizada procede del archivo de salida, outar.mid. (+Audio)

El ejemplo 7-(5) muestra la armonización de un mismo motivo, de un compás de duración, aplicando diferentes tipos de situaciones armónicas. Para la definición armónica en este caso se han empleado, además del pentagrama de notas extrañas, otros dos pentagramas para la representación de los acordes. Aunque, como se aprecia en el compás 1 o en los dos finales, no se requiere que el acorde se encuentre escrito siempre sobre ambos pentagramas.

Existe también la posibilidad de representar el acorde a aplicar desplegado ascendentemente, como aparece en el compás 8. Respecto a la escala de notas extrañas, ha de escribirse también ascendentemente y, como se aprecia en el ejemplo, en la mayoría de ellas figuran incluidas las notas reales del acorde inferior. Evidentemente, si no evoluciona ese acorde inferior carecen del menor significado como notas extrañas y Harmonizer no las toma en cuenta en dicho sentido. Se encuentran escritas en este caso simplemente para aportar continuidad visual y conceptual a la escala.

En relación a los compases vacíos, una escala de notas extrañas o acorde mantiene su vigencia hasta que aparece otro diferente. Así, por ejemplo, la definición armónica del compás 6 se aplica también en el compás 7, o la escala de notas extrañas del compás 1 se extiende a los dos siguientes compases. Por esta razón, tanto las escalas como los acordes pueden ser escritos con cualquier figura, si bien se han empleado respectivamente corcheas y redondas por claridad visual.

### 7.2.2 El proceso de Armonización

Una vez leída la diferente información de entrada y verificado que es correcta y no contiene errores, se inicia el proceso de armonización. Este proceso se apoya en un algoritmo cuya esencia consiste en el progresivo desplazamiento interválico de cada una de las notas del fragmento musical de entrada. Tales desplazamientos generan miles y miles de situaciones, siendo todas evaluadas y valoradas, para concluir seleccionando la que el algoritmo considera como la de mejor valoración. En realidad, el proceso trata de emular el realizado por una mente humana enfrentada a un problema de tal naturaleza, cuyo mecanismo tiende a imaginar un sinnúmero de situaciones para seleccionar finalmente la

que se considera más ventajosa. Veamos con mayor detalle los pasos por los que discurre el algoritmo:

1 - Se divide la entrada musical a armonizar en fragmentos, en base a los sucesivos cambios armónicos. Para cada fragmento, se separan las líneas temáticas independientes que contiene. Estos pequeños fragmentos temáticos reciben el nombre de *unidades de armonización*. Si hubiera líneas polifónicas implícitas, se podrían detectar y tratar cada una como unidades de armonización diferenciadas. Según ello, la entrada a armonizar del ejemplo 7-(5) contendría dos unidades de armonización en cada compás, excepto en los compases 6 y 7 que comprenden un único fragmento, tal y como se muestra en el ejemplo 7-(6).

Fig. 7 - (6). División en unidades de armonización empleada por el algoritmo de Harmonizer, a partir de la entrada del ejemplo 7-(5).

2 - Cada unidad de armonización se estudia independientemente. Para ello, se realizan desplazamientos interválicos a cada una de sus notas<sup>28</sup>, generando miles de combinaciones. Todas estas combinaciones son analizadas una a una, evaluando si pudieran adaptarse a una situación armónica concordante con la solicitada, en la que coincidan adecuadamente notas reales y notas extrañas. Las combinaciones concordantes son retenidas y las restantes descartadas. Observamos un ejemplo a partir de la Unidad 3

<sup>28</sup> El parámetro *Opening Int* en el archivo *conar.txt* expresa el valor máximo en semitonos que admite y prueba el algoritmo para este desplazamiento interválico. El valor por defecto es 4.

de la figura previa, que ha de armonizarse con un acorde de Fa M y las notas extrañas de la escala diatónica de Do M:

Armonización: Fa M →

	Descartada
	Descartada
	Aceptable
	Descartada
	Aceptable

Fig. 7 - (7). Ejemplo de algunas de las miles de combinaciones generadas por el algoritmo de Harmonizer mediante desplazamiento interválico a partir de una unidad de armonización. Las descartadas no responden a la armonía requerida de Fa M. En las aceptables se indican las notas extrañas a la armonía como Ap: Apoyatura, P: Paso, Fl: Floreo.

3 - Cada una unidad puede llegar a contar con decenas de combinaciones aceptables detectadas por el algoritmo, siendo posteriormente todas estudiadas y valoradas. Los criterios de valoración consisten fundamentalmente en la similitud con el perfil melódico original, el mínimo desplazamiento interválico respecto a aquél y la posibilidad de enlace con la unidad de armonización precedente.

4 - Una vez establecida la valoración para cada una se selecciona finalmente, como es lógico, aquella combinación mejor valorada. Como se describe en el punto 7.2.5, los criterios de valoración pueden ser modificados por el usuario a través del archivo *conar.txt*, lo cual aporta al usuario la posibilidad intervención sobre la acción del algoritmo. Por último, el proceso se repite para cada una de las unidades de armonización en que se encuentra dividida la entrada a armonizar. Tras completarlo, se escribe el resultado en el archivo de salida.



Este modelo algorítmico aplicado por Harmonizer responde al conocido como *Constraint Programming* (programación por condiciones o restricciones). Se trata de un modelo considerablemente extendido en el campo de la inteligencia artificial, también en los desarrollos dentro de este área dirigidos a la creación musical. En esencia, un algoritmo de esta naturaleza debe generar valores para unas variables de salida, los cuales han de ceñirse a una serie de condiciones impuestas previamente. Para ello, el programa establece una búsqueda de valores, entre los miles o millones de posibilidades, que cumplan dichas condiciones, pudiendo encontrar diferentes conjuntos de los mismos que las satisfagan (Anders, 2011: pg. 30:3). En el caso de Harmonizer, las condiciones impuestas de partida son el propio fragmento a armonizar, la armonía solicitada, el respeto a los perfiles temáticos y otras configuraciones determinadas a través del archivo *conar.txt*. Y las variables de salida, el total de notas que componen la salida armonizada<sup>29</sup>, que son seleccionadas como las mejores de entre las múltiples combinaciones posibles detectadas.

Tras presentar el proceso de armonización desarrollado por el algoritmo de Harmonizer, volvemos de nuevo a detenernos en el ejemplo 7-(5) para observar en detalle cómo ha operado aquél para generar la salida armonizada. Antes proceder a ello, es preciso comentar que, como se desprende del propio ejemplo, no han sido reconocidas las inversiones de los acordes, figurando mayoritariamente en la salida inversiones diferentes a las explícitas en la armonía a aplicar. Como se expone en el punto 7.2.4, Harmonizer cuenta con la posibilidad de tratar la línea de bajo e incluso la línea melódica superior, si bien para este caso se ha empleado la configuración por defecto, en la que tal procedimiento se encuentra desactivado.

Para el tratamiento de notas extrañas en el ejemplo se ha recurrido también la configuración por defecto, que incluye notas de paso ascendentes y descendentes, así

---

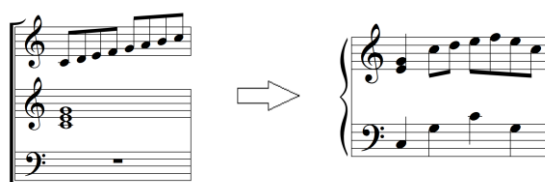
<sup>29</sup> El procedimiento de *Constraints* ha sido ampliamente aplicado en sistemas orientados hacia la armonización automática, frecuentemente en el ámbito de la tonalidad clásica. Bien como parte de procesos completos de composición automatizada dentro de un determinado estilo o, más limitadamente, como aplicaciones dirigidas a generar una armonización polifónica a partir de una voz dada (Pachet, 2001: 12). En este sentido, Harmonizer parte de una restricción aún mucho mayor, al contar con toda una estructura temático-formal de origen que hay que respetar, junto a unas sucesiones armónicas completamente determinadas.

como floreos ascendentes y descendentes, encontrándose desactivadas las apoyaturas y las escapadas. Observemos, pues, cómo se ha generado el ejemplo 7-(5):



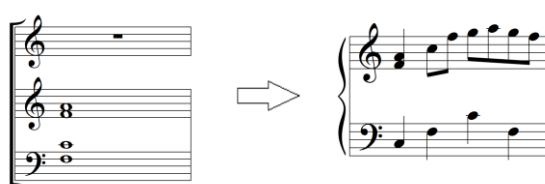
*Motivo original*

**Compás 1:** En este primer compás la armonización resultante es casi idéntica al original en la voz superior y exacta en la inferior, pues ya respondía a la armonía de Do M



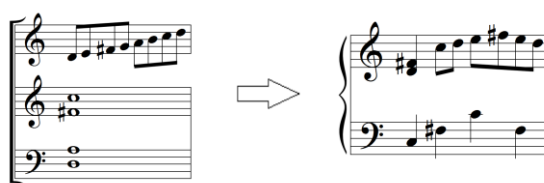
requerida. La transformación en la voz superior desplaza exclusivamente la última nota, a la cual sigue un salto en el original. Esta nota no respondería por tanto a una armonía de Do M, a no ser que fuese considerada como una escapada, lo cual no es posible, pues ni se encuentran activadas, ni el salto posterior se realiza por movimiento contrario. Harmonizer penaliza la distorsión de los grados conjuntos en el perfil melódico, pero en este caso consideró tal alteración como la mejor solución, la que en el total del compás más se acerca al original. Como notas extrañas, aparecerían Re (paso) y Fa (floreo). Los compases 3, 8 y 11 requieren también una armonía de Do M con lo cual la armonización resultante es idéntica a la del compás 1. Ello pudiera no haber sido así de haber existido continuidad melódica entre los diferentes compases, por el efecto del enlace de unas unidades de armonización con otras.

**Compás 2:** Los aspectos reseñables en la armonización de este compás son, por un lado, la elección de la segunda inversión del acorde para la

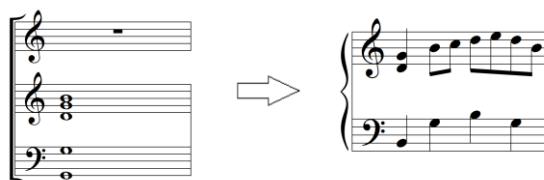


voz inferior, que ofrece la mayor proximidad al original. Por otro, en la voz superior resulta sorprendente la transposición de una tercera ascendente a partir de la segunda corchea del grupo. Pero, con las condiciones de partida dadas, es probablemente la opción que mejor respeta el perfil melódico del original. Como notas extrañas, figura la repetida la nota Sol ejerciendo funciones de nota de paso.

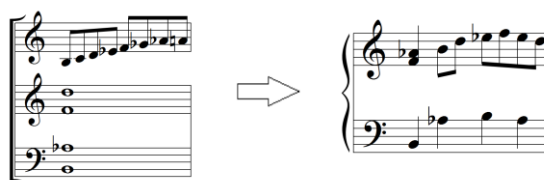
**Compás 4:** La armonía de este compás corresponde a la dominante de la dominante. En este caso, Harmonizer ha detectado que en la voz superior es posible mantener las notas originales del grupo de corcheas, con la simple modificación del Fa por Fa #. Dentro de este grupo, el Mi figura como nota de paso.



**Compás 5:** Durante este compás permanece vigente la escala de notas extrañas del compás 4, que cuenta con un Fa #. Sin embargo, la solución encontrada no ha hecho uso de esta nota. De nuevo Harmonizer ha recurrido a un salto de tercera entre las dos últimas corcheas de la voz superior, empleando como notas extrañas dentro de este grupo de corcheas el Do (paso) y el Mi (floreo).

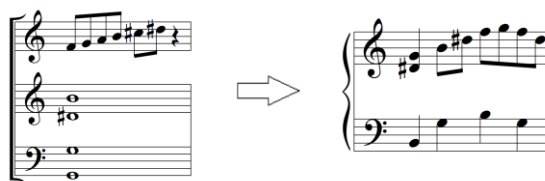


**Compás 6:** La característica más significativa dentro de este compás es el empleo de la escala octatónica para la armonización de notas extrañas, en conjunción con el



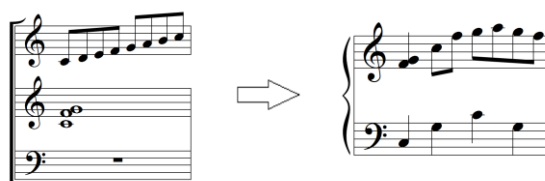
acorde de 7ª disminuida. Harmonizer ha recurrido a una de las notas de esta escala, en concreto el Mi b, como nota de paso en la armonización del grupo de corcheas. El compás 7 es idéntico al compás 6, pues permanece la misma situación armónica.

**Compás 9:** Como se aprecia, la armonía a aplicar es la dominante en versión de 5ª aumentada, junto a la escala de tonos enteros para el tratamiento de notas extrañas. La



armonización resultante ha recurrido a la nota Fa en el grupo de corcheas, considerada en este caso como nota de paso entre las notas Re # y Sol.

**Compás 10:** En este penúltimo compás la armonía requerida es un acorde de tónica con un retardo de la 3ª por la 4ª, lo que genera una sonoridad cercana a la de un acorde



por cuartas, para resolver en la tónica completa del compás 11. La armonización resultante desplaza una 3ª ascendentemente las 5 corcheas finales del grupo, figurando la nota La como floreo.

En conclusión, el estudio de este ejemplo permite apreciar al detalle el modo de operación del algoritmo de Harmonizer. Hemos podido observar cómo, por un lado, aplica con rigor los comportamientos armónicos tanto de notas reales como de notas extrañas, en función de la configuración de trabajo. Y por otro, cómo persigue respetar, en la mayor medida y dentro de las posibilidades que las condiciones armónicas le permiten, las características temáticas del fragmento musical de entrada. Aunque el ejemplo es plenamente tonal, la flexibilidad en el formato de escritura de la armonía a aplicar permite tratar situaciones más allá de la estricta tonalidad, como apunta la escala octatónica del compás 6 o la de tonos enteros del compás 9. Y es ésta flexibilidad, como se expone en los siguientes capítulos, la que facilita la plena operatividad de Harmonizer también en situaciones en las que la tonalidad se encuentra completamente ausente.

### 7.2.3 Notas extrañas y líneas

El algoritmo de Harmonizer se encuentra preparado para operar con los tipos de notas extrañas comunes en la música tonal clásica, a saber: floreos, notas de paso, apoyaturas, retardos y escapadas<sup>30</sup>. Por supuesto, pueden ser en su totalidad aplicados también en entornos no tonales ( ver ejemplo 7-(3) ).

Harmonizer permite al usuario configurar qué notas extrañas va a considerar, diferenciando incluso entre movimientos ascendentes y descendentes. Tal configuración se realiza a través de cuatro parámetros del archivo *conar.txt* (ver Apéndice IV punto 4 y Apéndice VII):

- *Non Harm Tones Coef DF*, establece las notas extrañas a tratar por defecto para toda la entrada musical en conjunto.
- *Non Harm Tones Coef (número)*, permite especificar el tratamiento para un pentagrama concreto.
- *Non Harm Tones BA*, controla el tratamiento de las notas extrañas en la línea que ejerza la función de bajo, si se hubiera configurado un tratamiento de bajo.
- *Non Harm Tones ME*, es similar al de la línea de bajo, pero asignado en este caso a la línea melódica superior, también si se encontrara configurada.

El formato de estos cuatro parámetros es similar, constando todos de una línea de ocho cifras que activan o desactivan el correspondiente tipo de nota extraña:

```

                                [an dn ap dp ua da ae de]
Non Harm Tones Sort DF =  1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0

```

El valor de activación es 1 y el valor de desactivación 0. El orden de los ocho tipos a activar/desactivar es: floreo ascendente, floreo descendente, nota de paso ascendente, nota de paso descendente, apoyatura ascendente, apoyatura descendente, nota de escape

---

<sup>30</sup> Para las apoyaturas y retardos reconoce que éstas se encuentren en parte más fuerte que su resolución, con lo cual no trata apoyaturas en tiempo débil. Respecto a las escapadas, sigue la consideración más común según la cual tras la escapada ha de producirse un salto por movimiento contrario al movimiento de segunda previo (Piston, 1991: 123).

ascendente, nota de escape descendente. En parámetro de ejemplo quedarían activados por defecto todos los tipos de nota extraña excepto las escapadas. Como puede apreciarse, no figura una configuración independiente para el retardo el cual, al contar con una naturaleza muy parecida, se activa o desactiva junto a la apoyatura. En relación a la nota pedal, puede ser tratada a través de Harmonizer, pero ésta habría de encontrarse escrita como nota real de la armonía, junto a los acordes correspondientes.


Por otro lado, al exponer los principios generales de Harmonizer, en el punto 7.1, se observó la necesidad de detección y tratamiento de líneas melódicas implícitas en situaciones polifónicas, incluso las que pudieran aparecer en texturas arpegiadas ( ver ejemplo 7-(2) ). El objetivo final es facilitar el procesamiento como tales, respetando así su perfil melódico e incluyendo en ellas, si fuera necesario, también notas extrañas. Harmonizer cuenta con la capacidad de llevar a cabo este tratamiento. Para ello, antes de iniciar el proceso de armonización realiza un estudio, dentro de cada unidad de armonización, para detectar posibles líneas melódicas implícitas. El estudio se apoya en la localización de sucesiones de notas con una intervállica entre ellas de 2ª (mayor o menor) o unísono. El archivo *conar.txt* contiene un parámetro, *Hole For Line*, que permite controlar el modo de operación en la detección de líneas. Este parámetro indica el máximo número de semicorcheas que pueden encontrarse separadas dos notas para que, si presentan un intervalo de 2ª o unísono, puedan ser consideradas una línea melódica unitaria.




Fig. 7 - (8). Líneas melódicas implícitas en la escritura polifónica y arpegiada del compás superior.

Observemos, a través de un ejemplo, cómo opera el tratamiento de líneas del algoritmo. En la figura 7-(8) se muestra un fragmento musical polifónico de un compás, en el que se pueden apreciar cuatro líneas melódicas implícitas, tal y como se indica. Si sometemos este fragmento a una armonización, por parte de Harmonizer, con una armonía triádica de Do Mayor, junto a la escala diatónica también de Do Mayor para emplear en las notas extrañas, encontramos unos resultados como los que muestra la figura 7-(9), en función del valor de separación de notas de línea, expresado en semicorcheas por *Hole For Line*. En la armonización se encuentran habilitados todos los tipos de notas extrañas, excepto las escapadas.


Original




Hole For Line = -1



Hole For Line = 0



Hole For Line = 1



Hole For Line = 2




Fig. 7 - (9). Armonizaciones realizadas por Harmonizer al fragmento original, con la armonía de Do Mayor. Las variantes se producen según el reconocimiento de líneas controlado por el parámetro *Hole For Line*.

Analicemos de qué manera ha operado el algoritmo para generar las diferentes variantes<sup>31</sup>, en función del valor de *Hole For Line*:

- *Hole For Line* = -1 . Hemos incluido este valor a modo simplemente ilustrativo. Un valor negativo del parámetro inhabilita completamente todo reconocimiento de continuidad melódica, evitando también, por tanto, la inclusión de cualquier tipo de nota extraña. El resultado que arroja es, en consecuencia, el que ofrecería un algoritmo simple, sin capacidad para el tratamiento de líneas polifónicas ni notas extrañas, armonizando exclusivamente con notas reales del acorde. Y generando unos perfiles temáticos que prácticamente anulan las líneas melódicas originales.

- *Hole For Line* = 0 . En este caso, cero semicorcheas de separación de notas, implica que sólo son reconocidas en principio como línea melódica aquellas notas estrictamente contiguas.

Por ello, el algoritmo reconoce dos líneas en cada uno de los grupos por



grados conjuntos, es decir, semicorchea 1 y 2, semicorchea 4 y 5, semicorchea 7 y 8, semicorchea 10 y 11. Sin embargo, no vincula, desde el punto de vista melódico, un grupo con el siguiente. Esa es la razón de que la única posibilidad de armonización para esta situación sea la apoyatura. Pero, dado que de estos cuatro grupos, sólo en el primero se sitúa la primera semicorchea en parte más fuerte que la segunda, es el único que, según la configuración del algoritmo, admite la armonización con apoyaturas, la cual ha sido aplicada. En los demás ha recurrido a notas reales excepto en el último, en el que la proximidad a la línea del bajo le permite emplear una nota de paso.

---

<sup>31</sup> Para la generación de estos ejemplos se ha modificado también el parámetro *Harm Unit Note Limit* del archivo *conar.txt*. Este parámetro controla el número máximo de notas de una *unidad de armonización* (ver punto 7.2.2), con el objeto de limitar el tamaño de estas unidades cuando una armonía se prolonga en exceso, lo cual puede llegar a retardar considerablemente el tiempo de proceso del algoritmo. El número por defecto que figura en el archivo es 10 notas. En este caso se ha ampliado a 40 para cubrir el total del compás.



- Hole For Line = 1 . Si la separación permitida alcanza hasta una semicorchea, el efecto de la armonización sobre el fragmento musical es la posibilidad de interrelación melódica entre los grupos recuadrados. Ello facilita, por ejemplo, la asignación de floreos en las notas de la semicorchea 5 (grupo 2), ya que la nota de retorno del floreo, en este caso, se situaría en el grupo siguiente. Establece asimismo la interrelación del último de los grupos con el acorde final. Y permite en general respetar las sucesiones de grados conjuntos presentes en el original que aparecían desvirtuadas en las opciones previas.



- Hole For Line = 2 . Por último, la posibilidad de establecer un vínculo melódico entre notas separadas hasta dos semicorcheas introduce el reconocimiento incluso de la línea inferior, la cual es armonizada respetando los grados conjuntos del original al incluir dos notas de paso. Con esta opción se alcanza, en conjunto, el resultado temáticamente más próximo al original, en el que todos los gestos melódicos se encuentran tratados con considerable cercanía y respeto al mismo.



A través de este ejemplo se pone de manifiesto, de forma gradual, cómo el reconocimiento de líneas polifónicas, en combinación con la aplicación de notas extrañas, facilita al algoritmo cumplir en el mayor grado posible el objetivo principal impuesto. Es decir, la obtención de la mayor cercanía temática al original, dentro de las posibilidades de adaptación a la armonía propuesta. En el apéndice VIII se ofrece información ampliada respecto al reconocimiento de líneas realizado por Harmonizer en este ejemplo, junto a los tipos de notas extrañas aplicados y la forma visualización independiente que es posible obtener de cada una de ellas.

#### 7.2.4 Tratamiento del bajo y de la línea melódica superior

En el punto 7.2.2, al analizar al detalle el proceso de armonización aplicado por el algoritmo sobre el fragmento musical del ejemplo 7-(5), se ha constatado que en el resultado final no han sido respetadas las inversiones de los acordes propuestos en la armonía solicitada. Por el contrario, en aquel ejemplo el arpeggio del bajo discurre en su nota más grave adaptándose a la nota más cercana al original, lo cual genera inversiones diferentes a las inicialmente escritas en la armonía a aplicar. Tal es la configuración por defecto del algoritmo.

Sin embargo, Harmonizer cuenta con una opción para tratar el bajo, adaptándose también a la inversión propuesta en los acordes solicitados. Para ello, analiza y reconoce la nota o notas más graves de la línea original del bajo, procurando en el resultado final trasladar tales notas a la nota grave del acorde a aplicar. En este caso, y con el fin de contar con la suficiente flexibilidad interválica para alcanzar este objetivo, el algoritmo admite un desplazamiento hasta de 12 semitonos en tales notas<sup>32</sup>.

El reconocimiento y tratamiento del bajo se controla a través del parámetro *Bass Ins* del archivo *conar.txt*. Este parámetro admite diferentes valores, con el efecto siguiente:

- **Bass Ins = 1** ó valor superior. Indica qué pentagrama o canal MIDI ha de ser tratado como bajo. El valor 1 corresponde al primer pentagrama. Si hubiera polifonía en el contenido seleccionado, se trata como bajo la línea en su conjunto más grave.
- **Bass Ins = -1** . Se realiza un reconocimiento automático del bajo, detectando qué pentagrama o canal MIDI contiene en conjunto las notas más graves, de manera que pudiera ejercer la función de bajo.
- **Bass Ins = -2** . Anula cualquier tipo de reconocimiento o tratamiento de bajo. Es el valor por defecto.

---

<sup>32</sup> El parámetro *Opening Int* del archivo *conar.txt* controla el máximo desplazamiento permitido de una nota armonizada respecto de su original, expresado en semitonos. El valor por defecto de dicho desplazamiento es 4 semitonos. Sin embargo, en el caso de las notas de apoyo del bajo o de la melodía superior se ignora este valor, ampliándolo tal y como se describe.

Entrada a armonizar:



Armonía a aplicar:



Armonización 1:



Armonización 2 (control de bajo):



Armonización 3 (control de bajo y melodía):



Fig. 7 - (10). Diferentes armonizaciones generadas por Harmonizer, en función de la activación del control del bajo y de la melodía superior. (+Audio)

La figura muestra un ejemplo de operación incluyendo el control del bajo. La armonización 1 ha sido realizada con el control del bajo desactivado. Por ello, en la línea del bajo el algoritmo se atiene al mismo criterio que para todas las demás, el respeto temático y de proximidad interválica hacia el original. La consecuencia es ciertamente la

cercanía temática hacia el original, pero ignorando cualquier apoyo sobre la nota grave del acorde que, de llegar a producirse, lo haría de manera casual. El resultado de la armonización conduce, por ello, a inversiones armónicas diferentes a las de los acordes propuestos.

Activando el control del bajo se genera la armonización 2. En este caso sí aparece un apoyo claro de la línea inferior sobre la nota grave de los acordes, adaptándose la armonización a las inversiones propuestas en los mismos. Para ello, el algoritmo recurre a desplazamientos interválicos más extensos, cuya consecuencia es una mayor distorsión del perfil melódico de la línea inferior. A la hora de valorar que una nota coincida con la nota del bajo, el algoritmo no sólo persigue que la notas más graves de la línea busquen tal coincidencia. Maneja también otro criterio, el *peso melódico*, que trata de reflejar la significación de una determinada nota en función de su duración y su situación dentro del compás.

Una nota de duración prolongada y situada en una parte fuerte del compás adquiere un peso melódico elevado. Así, el algoritmo valora que, tanto las notas más graves como aquellas que cuentan con un elevado peso melódico, coincidan con la nota del bajo. Tal es la razón para que en los compases 1, 3 y 6 la segunda blanca del mismo haya sido desplazada hasta una nota Fa (un tono y medio) y no a una nota Do (un tono), la cual hubiese resultado más próxima. Harmonizer considera que esta nota posee un peso melódico elevado y valora más, por tanto, su acercamiento a la nota del bajo que su cercanía a la nota original, sacrificando el semitono de diferencia entre ambas opciones.

De la misma manera que se realiza el tratamiento del bajo, Harmonizer dispone de una opción para controlar la adaptación de la línea melódica superior a la nota aguda de los acordes en la armonía a aplicar, si bien en el caso de la melodía el desplazamiento interválico máximo se limita a 6 semitonos frente a los 12 del bajo. La razón para ello es que una melodía tiende a contar con más notas que una línea de bajo, por tanto más opciones de armonizar con la nota aguda de la armonía solicitada, y que un mayor desplazamiento interválico deformaría en exceso el perfil melódico de la misma. El parámetro del archivo *conar.txt* que activa o desactiva el control de la línea melódica superior es *Mel Ins*, con unos valores de operación idénticos a los descritos para *Bass Ins*.

La armonización 3 del ejemplo muestra la operación de Harmonizer cuando se establece el control de la línea melódica superior. Como puede apreciarse, el algoritmo ha seleccionado aquellas armonizaciones en las que la segunda semicorchea que aparece en el compás, la nota más aguda de la unidad armónica, coincide con la nota superior del acorde correspondiente dentro de la armonía solicitada. Para ello, en algunos casos llega a distanciarse notablemente del perfil melódico original. Como, por ejemplo, en los compases 1 y 3, donde los originales grados conjuntos de las semicorcheas se ven ampliados hasta un intervalo de cuarta.

Como se pone de manifiesto a través de estos ejemplos, ambas opciones, control del bajo y de la melodía permiten, en definitiva, llevar a cabo una especie de *proceso analítico schenkeriano* a la inversa. Es decir, adaptar la melodía y el bajo de una trama temático-formal a unas determinadas líneas conductivas con contenido armónico recreando, de forma algorítmica y dirección inversa, la relación que Heinrich Schenker detectó, analizó y difundió para tantas obras de la literatura musical. Dentro de Harmonizer se trata de funciones relativamente experimentales, dado que su objetivo final no es el tratamiento de música tonal. Sin embargo, consideramos de interés el contar con ellas precisamente por las connotaciones analíticas que pueden implicar, ampliando las posibilidades de Harmonizer para poder también acometer imitaciones estilísticas como las que se presentan en el capítulo 8.

### 7.2.5 Criterios de Valoración del Algoritmo

Como se describió en el punto 7.2.2, al seguir Harmonizer un modelo de *constraints*, el algoritmo que lo ejecuta ha de buscar entre las miles de posibilidades aquella que cumple más satisfactoriamente los criterios solicitados. Tales criterios consisten básicamente en dos, la adaptación a la armonía a aplicar, por un lado, y el respeto al perfil temático del fragmento a armonizar, por otro. El primer criterio pudiera considerarse como netamente objetivo pues, al encontrarse las normas de la armonía tan delimitadas, tanto en lo relativo a las notas reales como a las notas extrañas, resulta objetivamente discriminable el que un conjunto de notas se adapte a la armonía solicitada o no. En ese sentido, el algoritmo ha sido programado para ofrecer un resultado cuyo total de notas se adapten plenamente a la armonía solicitada, de acuerdo a los comportamientos convencionales de la armonía, bien

como notas reales o como notas extrañas (ver punto 7.2.3). En caso de no localizar ninguna combinación satisfactoria al respecto, se interrumpe el proceso de armonización y se genera un error indicando la imposibilidad de completar la tarea.

Sin embargo, el segundo criterio, respeto al perfil temático, comprende connotaciones de carácter más subjetivo ante las cuales incluso dos personas expertas pudieran llegar a escoger opciones diferentes. Para operar en relación a él, Harmonizer valora en cada una de las miles de opciones que prueba una serie de aspectos que comparan el discurso temático original con el armonizado, seleccionando la que mejor puntuación media obtiene sobre todos ellos. Tales aspectos son regulables por el usuario a través de un conjunto de parámetros, agrupados bajo el epígrafe *Themt Contour Coef* del archivo *conar.txt*, del cual mostramos su formato en el archivo como punto de partida a la explicación detallada de cada uno de ellos:

```
[fath tied desv invr scnd bass meld]
Themt Contour Coef DF = 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100
```

Como puede apreciarse, *Themt Contour Coef* comprende un conjunto de siete valores numéricos, separados por comas, que pueden ser modificados por el usuario, y que controlan la valoración de una determinada línea melódica dentro de una *unidad de armonización*. El valor por defecto para todos ellos es 100, pudiendo oscilar desde 0 hasta 1000. Detallamos el significado de cada uno de ellos:

- *fath*: la armonización de una línea melódica se realiza en fragmentos correspondientes a cada *unidad de armonización*, que normalmente coinciden con el ámbito de duración de cada diferente acorde dentro de la armonía a aplicar (ver punto 7.2.2). *Fath* controla la valoración de la relación interválica entre la primera nota de la línea en curso y la última nota de la línea melódica en la *unidad de armonización* precedente, que enlaza con ella. En el lenguaje interno del algoritmo, esta línea previa de la *unidad de armonización* precedente que enlaza con la actual recibe el nombre de *línea padre*, y su última nota, que es la que realmente enlaza con la actual, *nota padre*.
- *tied*: si se da el caso de que exista una nota de duración prolongada, que se extiende desde la *unidad de armonización* precedente hasta la actual, caben dos formas de actuación. La primera, buscar si existe alguna nota común de la armonía en

ambas unidades, la precedente y la actual, y procurar situar en ella la nota de duración prolongada. La segunda opción es dividir directamente la nota y armonizarla de manera separada en ambas unidades. *Tied* controla la valoración del mantenimiento de tal nota prolongada como una sola nota, adaptándose a la primera de las posibilidades de acción.

- *desv*: a través de este valor se controla la desviación de la nota armonizada respecto a la original. Como es lógico, el algoritmo valora que el intervalo de desviación resulte lo más reducido posible. *Desv* controla la valoración de este aspecto. Un valor alto del mismo implica una mayor exigencia de control sobre tal desviación, al igual que en los demás parámetros.
- *invr*: a la hora de respetar el perfil temático de la línea original, un aspecto relevante radica en que los diferentes intervalos de la línea armonizada mantengan la misma dirección que los de la original. Es decir, que dichos intervalos no resulten invertidos. *Invr* controla la valoración del mantenimiento de la misma dirección respecto a la original en los diferentes intervalos de la línea armonizada.
- *scnd*: uno de los rasgos más característicos en una línea temática viene dado por las células melódicas en relación de grados conjuntos o de unísono<sup>33</sup>, normalmente en alternancia con intervalos más amplios. El parámetro *scnd* controla la valoración del respeto a los grados conjuntos o unísonos del original en la línea resultante armonizada.
- *bass, meld*: estos dos parámetros operan solamente si la línea en curso desempeña la función de bajo o de línea melódica superior, respectivamente. Y

---

<sup>33</sup> Es una conocida regla del contrapunto la atención a los grados conjuntos en una línea melódica: "En efecto, nada atenta tan gravemente contra la coherencia expresiva de una línea vocal como la frecuencia o profusión de giros disjuntos; por eso recomienda el contrapunto severo, como normal procedimiento discursivo, la excelencia del movimiento conjunto de las voces" (Calés, 2000: 18). En consecuencia, la transformación en una línea temática de los grados conjuntos en intervalos más amplios, aún manteniendo las mismas figuras rítmicas, puede desnaturalizar de manera considerable la percepción del perfil temático original.


regulan la valoración de la mayor frecuencia de aparición de la nota grave del acorde ejerciendo como tal en la línea armonizada, en el caso del bajo. O de la nota aguda del acorde, como punto culminante de la melodía en la línea armonizada, en el caso de la línea melódica superior.

Aunque el valor para todos los parámetros puede expresarse en un amplio rango numérico, la acción sobre el algoritmo no se desprende del valor absoluto de cada uno, sino de la proporción relativa entre ellos. Es decir, se produce el mismo efecto resultante de valoración si un determinado parámetro adopta el valor 200 y los demás 100, que si adopta el valor 120 y los demás 60. En ambas situaciones, tal parámetro obtiene el doble de valoración que el resto y el efecto sobre la armonización que representa será ponderado de forma doble respecto a los demás. Es tal proporción, por tanto, la que realmente produce resultados característicos en la armonización final.


Original




A : Valores por defecto (= 100)




B : desv = 0



C : inv = 0



D : scnd = 0



*Fig. 7 - (11). Armonizaciones generadas por Harmonizer aplicando la armonía de Do M al original, en función de diferentes configuraciones de valoración.*



La figura 7-(11) ofrece un ejemplo del efecto producido al modificar algunos de los parámetros *Themt Contour Coef*. La armonización se realiza aplicando una armonía triádica de Do M, con también la escala diatónica de Do M para las notas extrañas. Bajo estas premisas, han sido generadas armonizaciones diferentes del motivo original, como fruto de diferentes criterios de valoración, y empleando sólo notas de paso y floreos como notas extrañas. La primera armonización (A) responde a una situación en la que todos los parámetros se encuentran configurados a 100, por ello equitativamente valorados todos los criterios. En las tres siguientes se ha anulado alternativamente alguno de ellos, estableciendo su respectivo parámetro a 0 mientras los restantes se mantienen a 100. Veamos cuál ha resultado su efecto:

- B:  $desv = 0$  . Al anular este parámetro el algoritmo no valora en forma alguna la desviación interválica de las notas armonizadas respecto a las del original. Por ello, de las cuatro armonizaciones es la que más desviación presenta. Puede observarse que desde la 3ª hasta la 7ª corchea dicha desviación alcanza un mínimo de una 3ª menor.
- C:  $inv = 0$  . En este caso la anulación corresponde al criterio de evitar intervalos invertidos entre la armonización generada y el original. El efecto ha sido la inversión del primero de los intervalos, que ahora no es considerada por el algoritmo. Sin embargo, a consecuencia de ello consigue respetar el movimiento de grados conjuntos y mantener una mayor cercanía interválica con el original, que no supera en ningún caso la 2ª mayor y llega a incluir dos unísonos.
- D:  $scnd = 0$  . Anulando este parámetro el algoritmo desprecia el criterio de respeto a los grados conjuntos del original. Por ello, de todas las versiones es en la que más veces éstos aparecen quebrados, en concreto entre las dos primeras corcheas y entre las dos últimas. Resulta destacable el recurso a la nota Sol para la primera de las corcheas, que se desvía una 3ª menor respecto a la original, pudiendo haber elegido directamente una nota Do, en unísono con la siguiente, que tan sólo se desviaría una 2ª mayor. Sin embargo esta alternativa es penalizada por el criterio, ahora sí activo, de evitar la inversión interválica, lo que también incluye la conversión de un intervalo ascendente en un unísono. Por lo demás, el resto de las notas respetan la dirección interválica y no presentan desviaciones respecto del original superiores a la 2ª mayor.

Tras el análisis de estas tres situaciones, forzadas por la anulación de un criterio diferente, volvemos a situar la mirada sobre la armonización A, en la que todos los criterios se encuentran activos e igualmente valorados. A nuestro juicio, y al compararla con las tres restantes, pudiéramos considerarla como la más ponderada de todas y, por tanto, la que mayor cercanía interválica y mayor respeto temático mantiene con el original. La desviación es de una 2ª para todas sus notas, alcanzando tan sólo en una ocasión una 3ª menor (3ª corchea). No se invierte ningún intervalo y sólo en una ocasión se interrumpe el enlace por grados conjuntos, entre las dos últimas corcheas. Tras ella, la opción B resulta también próxima temáticamente, incluso en ésta no se renuncia a ningún movimiento por grado conjunto. Sin embargo, como se ha analizado, interválicamente se sitúa más distante que la A respecto al original, y pierde además el salto de 3ª del primer grupo de corcheas. Por ello, bajo nuestra apreciación, y en relación a los objetivos de partida del algoritmo, consideramos al igual que él, más valorable la variante A que la B.

Tras conocer los detalles de valoración del algoritmo, a través de este ejemplo y mediante la manipulación de algunos de sus criterios, incluimos una muestra ampliada sobre el funcionamiento interno del mismo en relación con dicha valoración. La muestra ha sido extraída del proceso interno al generar el ejemplo 7 - (11), para la variante A (valores por defecto), en que todos los criterios se encuentran igualmente valorados. Y recoge, de entre las múltiples opciones que el algoritmo contempla, las cien mejor valoradas, en orden creciente. Se presenta, en primer lugar, su escritura con notación convencional en el ejemplo 7-(12), y seguidamente un listado que incluye la valoración de cada una de las cien opciones, junto con información interna del algoritmo de la que se ofrecen detalles a continuación.

This musical score is a 70-measure exercise in G major, 2/4 time. It consists of ten staves, each containing five measures. The exercise is based on a harmonic pattern of eighth notes: G4 (quarter), A4 (quarter), B4 (quarter), A4-G4 (beamed eighth notes), F#4 (quarter), E4 (quarter), D4 (half). The pattern is repeated across the measures, with the final measure of each staff ending with a double bar line. The measures are numbered 0 through 69.

0 1 2 3 4  
5 6 7 8 9  
10 11 12 13 14  
15 16 17 18 19  
20 21 22 23 24  
25 26 27 28 29  
30 31 32 33 34  
35 36 37 38 39  
40 41 42 43 44  
45 46 47 48 49  
50 51 52 53 54  
55 56 57 58 59  
60 61 62 63 64  
65 66 67 68 69



Fig. 7 - (12). Cien mejores opciones procesadas por el algoritmo para generar la armonización A del ejemplo 7-(11), en orden creciente de valoración interna.

0, 2.375	-- c5 d5 e5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re pa re re pd pd re re
1, 3.250	-- g4 c5 d5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re re fa re pd pd re re
2, 3.375	-- c5 d5 e5 d5 c5 g4 f4 e4 -- re pa re pd re re pd re
3, 3.375	-- c5 d5 e5 d5 c5 b4 a4 g4 -- re pa re pd re pd pd re
4, 3.500	-- g4 c5 e5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re re re re pd pd re re
5, 4.125	-- c5 d5 e5 g4 a4 g4 f4 e4 -- re pa re re fa re pd re
6, 4.125	-- c5 b4 c5 b4 a4 g4 f4 e4 -- re fd re pd pd re pd re
7, 4.250	-- c5 d5 c5 b4 a4 g4 f4 e4 -- re fa re pd pd re pd re
8, 4.375	-- c5 d5 e5 c5 b4 a4 g4 g4 -- re pa re re pd pd re re
9, 4.500	-- g4 c5 e5 d5 c5 b4 a4 g4 -- re re re pd re pd pd re
10, 4.500	-- g4 c5 e5 d5 c5 g4 f4 e4 -- re re re pd re re pd re
11, 4.625	-- c5 d5 e5 g4 f4 g4 f4 e4 -- re pa re re fd re pd re
12, 4.750	-- g4 c5 c5 b4 a4 g4 f4 e4 -- re re re pd pd re pd re
13, 4.875	-- c5 d5 e5 c5 g4 g4 f4 e4 -- re pa re re re re pd re
14, 5.000	-- c5 d5 e5 g4 f4 e4 f4 e4 -- re pa re re pd re fa re
15, 5.000	-- g4 a4 b4 c5 b4 a4 g4 e4 -- re pa pa re pd pd re re
16, 5.000	-- c5 d5 e5 c5 c5 g4 f4 e4 -- re pa re re re re pd re
17, 5.000	-- c5 d5 e5 c5 c5 b4 a4 g4 -- re pa re re re pd pd re
18, 5.000	-- c5 c5 d5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re re fa re pd pd re re
19, 5.125	-- c5 d5 e5 g4 c5 b4 a4 g4 -- re pa re re re pd pd re
20, 5.125	-- c5 e5 c5 b4 a4 g4 f4 e4 -- re re re pd pd re pd re
21, 5.125	-- c5 d5 e5 g4 c5 g4 f4 e4 -- re pa re re re re pd re
22, 5.250	-- c5 d5 e5 c5 g4 f4 e4 e4 -- re pa re re re pd re re
23, 5.250	-- g4 c5 d5 c5 b4 a4 g4 g4 -- re re fa re pd pd re re
24, 5.250	-- c5 c5 e5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re re re re pd pd re re
25, 5.250	-- g4 e5 c5 b4 a4 g4 f4 e4 -- re re re pd pd re pd re
26, 5.250	-- g4 c5 e5 g4 a4 g4 f4 e4 -- re re re re fa re pd re
27, 5.375	-- c5 d5 e5 g4 f4 e4 d4 e4 -- re pa re re pd re fd re
28, 5.375	-- c5 d5 e5 c5 g4 f4 e4 g4 -- re pa re re re pd re re
29, 5.500	-- g4 c5 e5 c5 b4 a4 g4 g4 -- re re re re pd pd re re
30, 5.500	-- c5 d5 e5 c5 g4 a4 g4 e4 -- re pa re re re fa re re
31, 5.625	-- c5 d5 e5 g4 f4 e4 g4 e4 -- re pa re re pd re re re
32, 5.750	-- c5 e5 e5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re re re re pd pd re re
33, 5.750	-- c5 d5 e5 c5 g4 f4 g4 e4 -- re pa re re re fd re re
34, 5.750	-- g4 c5 d5 c5 g4 g4 f4 e4 -- re re fa re re re pd re
35, 5.750	-- g4 c5 e5 g4 f4 g4 f4 e4 -- re re re re fd re pd re
36, 5.875	-- c5 d5 e5 c5 g4 e4 f4 e4 -- re pa re re re re fa re
37, 5.875	-- g4 e5 e5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re re re re pd pd re re
38, 5.875	-- g4 c5 d5 c5 c5 g4 f4 e4 -- re re fa re re re pd re
39, 5.875	-- g4 c5 d5 c5 c5 b4 a4 g4 -- re re fa re re pd pd re
40, 5.875	-- c5 d5 e5 c5 b4 c5 g4 e4 -- re pa re re fd re re re
41, 6.000	-- g4 c5 e5 c5 g4 g4 f4 e4 -- re re re re re re pd re
42, 6.000	-- c5 d5 e5 d5 c5 g4 f4 g4 -- re pa re pd re re fd re
43, 6.125	-- g4 c5 e5 c5 c5 b4 a4 g4 -- re re re re re pd pd re
44, 6.125	-- c5 e5 d5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re re pd re pd pd re re
45, 6.125	-- g4 c5 e5 g4 f4 e4 f4 e4 -- re re re re pd re fa re
46, 6.125	-- g4 c5 e5 c5 c5 g4 f4 e4 -- re re re re re re pd re
47, 6.125	-- g4 c5 d5 c5 g4 f4 e4 e4 -- re re fa re re pd re re
48, 6.250	-- c5 c5 e5 d5 c5 g4 f4 e4 -- re re re pd re re pd re
49, 6.250	-- g4 c5 d5 c5 g4 f4 e4 g4 -- re re fa re re pd re re
50, 6.250	-- g4 e5 d5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re re pd re pd pd re re
51, 6.250	-- g4 c5 e5 g4 c5 b4 a4 g4 -- re re re re re pd pd re
52, 6.250	-- c5 d5 e5 d5 c5 g4 a4 g4 -- re pa re pd re re fa re
53, 6.250	-- c5 c5 e5 d5 c5 b4 a4 g4 -- re re re pd re pd pd re
54, 6.250	-- c5 d5 e5 c5 g4 e4 d4 e4 -- re pa re re re re fd re
55, 6.250	-- c5 b4 c5 g4 a4 g4 f4 e4 -- re fd re re fa re pd re
56, 6.250	-- c5 d5 e5 d5 c5 e4 f4 e4 -- re pa re pd re re fa re
57, 6.250	-- g4 c5 e5 g4 c5 g4 f4 e4 -- re re re re re re pd re
58, 6.375	-- c5 d5 c5 g4 a4 g4 f4 e4 -- re fa re re fa re pd re

59, 6.375	-- g4 c5 e5 c5 g4 f4 e4 e4 -- re re re re re pd re re
60, 6.375	-- g4 c5 d5 c5 g4 a4 g4 e4 -- re re fa re re fa re re
61, 6.500	-- c5 c5 c5 b4 a4 g4 f4 e4 -- re re re pd pd re pd re
62, 6.500	-- c5 d5 e5 c5 g4 c5 g4 e4 -- re pa re re re re re re
63, 6.500	-- c5 d5 e5 d5 c5 g4 g4 e4 -- re pa re pd re re re re
64, 6.500	-- g4 c5 e5 c5 g4 f4 e4 g4 -- re re re re re pd re re
65, 6.500	-- g4 c5 e5 g4 f4 e4 d4 e4 -- re re re re pd re fd re
66, 6.500	-- c5 d5 e5 c5 g4 e4 g4 e4 -- re pa re re re re re re
67, 6.625	-- g4 c5 d5 c5 g4 f4 g4 e4 -- re re fa re re fd re re
68, 6.625	-- c5 d5 e5 d5 c5 g4 e4 e4 -- re pa re pd re re re re
69, 6.625	-- c5 d5 e5 d5 c5 e4 d4 e4 -- re pa re pd re re fd re
70, 6.625	-- g4 c5 e5 c5 g4 a4 g4 e4 -- re re re re re fa re re
71, 6.750	-- c5 e5 e5 d5 c5 b4 a4 g4 -- re re re pd re pd pd re
72, 6.750	-- g4 c5 d5 c5 b4 c5 g4 e4 -- re re fa re fd re re re
73, 6.750	-- c5 b4 c5 g4 f4 g4 f4 e4 -- re fd re re fd re pd re
74, 6.750	-- c5 d5 e5 g4 a4 g4 f4 g4 -- re pa re re fa re fd re
75, 6.750	-- c5 b4 c5 b4 a4 g4 f4 g4 -- re fd re pd pd re fd re
76, 6.750	-- c5 d5 e5 d5 c5 g4 e4 g4 -- re pa re pd re re re re
77, 6.750	-- g4 c5 d5 c5 g4 e4 f4 e4 -- re re fa re re re fa re
78, 6.750	-- c5 e5 e5 d5 c5 g4 f4 e4 -- re re re pd re re pd re
79, 6.750	-- g4 c5 e5 g4 f4 e4 g4 e4 -- re re re re pd re re re
80, 6.875	-- c5 d5 c5 b4 a4 g4 f4 g4 -- re fa re pd pd re fd re
81, 6.875	-- c5 d5 e5 d5 c5 c5 g4 e4 -- re pa re pd re re re re
82, 6.875	-- g4 e5 e5 d5 c5 b4 a4 g4 -- re re re pd re pd pd re
83, 6.875	-- c5 d5 e5 d5 c5 e4 g4 e4 -- re pa re pd re re re re
84, 6.875	-- g4 c5 c5 g4 a4 g4 f4 e4 -- re re re re fa re pd re
85, 6.875	-- c5 d5 e5 g4 g4 g4 f4 e4 -- re pa re re re re pd re
86, 6.875	-- c5 d5 c5 g4 f4 g4 f4 e4 -- re fa re re fd re pd re
87, 6.875	-- g4 c5 e5 c5 g4 f4 g4 e4 -- re re re re re fd re re
88, 6.875	-- g4 e5 e5 d5 c5 g4 f4 e4 -- re re re pd re re pd re
89, 7.000	-- g4 a4 b4 c5 b4 a4 g4 g4 -- re pa pa re pd pd re re
90, 7.000	-- c5 c5 e5 g4 a4 g4 f4 e4 -- re re re re fa re pd re
91, 7.000	-- c5 c5 d5 c5 b4 a4 g4 g4 -- re re fa re pd pd re re
92, 7.000	-- c5 b4 c5 b4 a4 g4 a4 g4 -- re fd re pd pd re fa re
93, 7.000	-- g4 c5 e5 c5 g4 e4 f4 e4 -- re re re re re fa re
94, 7.000	-- c5 b4 c5 c5 b4 a4 g4 e4 -- re fd re re pd pd re re
95, 7.000	-- c5 d5 e5 g4 a4 g4 a4 g4 -- re pa re re fa re fa re
96, 7.000	-- g4 c5 e5 c5 b4 c5 g4 e4 -- re re re re fd re re re
97, 7.125	-- g4 c5 d5 c5 g4 e4 d4 e4 -- re re fa re re re fd re
98, 7.125	-- c5 b4 c5 g4 f4 e4 f4 e4 -- re fd re re pd re fa re
99, 7.125	-- g4 c5 e5 d5 c5 g4 f4 g4 -- re re re pd re re fd re

Fig. 7 - (13). Listado con información sobre la valoración y características de las cien opciones de armonización representadas en el ejemplo 7-(12). Las ocho columnas de la derecha representan tipos de notas, según el siguiente código: re-nota real, pd-nota de paso descendente, pa-nota de paso ascendente, fd-floreo descendente, fa-floreo ascendente.

La información que incluye este listado consta de cien líneas, numeradas del 0 al 99 como se indica al principio de cada una, y correspondientes a cada uno de los compases, numerados de forma similar, en la figura previa. La cifra con tres decimales que sigue al número de línea representa la valoración interna que el algoritmo ha realizado para cada una de las posibles armonizaciones. En el código interno del algoritmo dicha valoración

es inversa, cuanto más baja es la cantidad más valorada se considera. Por tanto, y como puede apreciarse, las cien opciones se encuentran ordenadas según su valoración, en orden creciente. La primera de todas ellas, la número 0, es la mejor valorada y por tanto la que la ejecución de Harmonizer ofrece como salida, tal y como se presenta en la opción A del ejemplo 7-(12). Las opciones B, C y D aparecen también entre las primeras posiciones.

A la cifra de valoración le sigue el conjunto de notas armonizadas de la variante, representadas en código alfabético, junto al tipo nota que el algoritmo considera para cada una, que en este caso pueden ser notas reales, de paso o floreos. Harmonizer repite un proceso similar para cada una de las líneas melódicas de cada unidad de armonización. Y aunque en la salida presenta la opción mejor valorada, retiene siempre las cien mejores, con vistas a una futura ampliación del algoritmo.

Por último, el proceso de valoración que sigue Harmonizer puede aplicarse diferenciado a distintos pentagramas o canales MIDI del fragmento a armonizar. El parámetro *Themt Contour Coef* contiene un sufijo (DF, BA, ME, número) que determina su ámbito de aplicación por defecto a todo el fragmento, al bajo, a la melodía o a un determinado número de pentagrama (ver apéndice IV, punto 4). El archivo *conar.txt* puede, por tanto, contener varias expresiones de este parámetro con el fin de establecer un tratamiento de valoración diferenciado para cada uno de dichos ámbitos.

### 7.3 Perspectivas de ampliación de Harmonizer

Es conocida la complejidad, dentro la técnica de creación musical académica, que comporta la escritura musical cuando se atiende simultáneamente a las relaciones verticales de la polifonía, la dimensión armónica, y a las estructuras melódicas de la misma, la dimensión contrapuntística. Como ha sido descrito en el punto 3.1.2, la formación tradicional en ambas dimensiones conlleva un extenso tiempo hasta que se adquieren las herramientas y la práctica para poder abordar con una cierta solvencia dicha complejidad. Por ello, el desarrollo de algoritmos capaces de igualar la depuración, calidad artística y sutileza de la mente de un maestro en la materia enfrentada a la

compleja multidimensionalidad de la creación musical de altura es tarea inabordable con los actuales mecanismos de computación. Y probablemente así siga siéndolo por largo tiempo, mientras la tecnología no sea capaz de recrear toda la riqueza de una mente humana, incluyendo su dimensión social y artística<sup>34</sup>.

Desde esta consideración, conscientes de la intrínseca limitación de la técnica algorítmica aplicada a la creación musical, el desarrollo de Harmonizer ha evolucionado hasta alcanzar una calidad que consideramos suficiente como para constituir una herramienta útil y eficaz, permitiendo plenamente en su versión actual abordar creaciones musicales de envergadura desde la orientación *Designing Music*. No obstante, no dejamos de contemplar posibilidades de ampliación o mejora, especialmente si se dirige hacia un uso analítico o de recreación estilística dentro de estilos tonales, los cuales requieren de una elevada precisión. Ilustramos algunas de ellas.

En situaciones de complejidad rítmica la detección de líneas polifónicas implícitas puede verse dificultada e incluso distorsionada. Tal y como se ha descrito en el punto 7.2.3, el algoritmo parte de un parámetro fijo, *Hole For Line*, que determina la distancia máxima temporal entre notas para ser consideradas como línea melódica unitaria. Este valor absoluto puede conducir a despreciar líneas cuyas notas cuenten con una mayor separación o, por el contrario, a considerar líneas en notas relativamente cercanas que realmente no debieran tratarse de tal modo. De nuevo, una mente entrenada discriminará fácilmente por el contexto tales situaciones, aplicando el tratamiento musical adecuado en cada caso. En ese sentido, han aparecido recientemente diferentes desarrollos y proyectos de investigación específicamente diseñados para la separación algorítmica de líneas polifónicas. Algunos de ellos emplean técnicas de inteligencia artificial para acometer dicha tarea, procediendo a un entrenamiento previo que facilita al algoritmo la adquisición de una cierta base contextual, lo que consigue proporcionar tasas de acierto

---

<sup>34</sup> Sí se han llegado a obtener, por medios algorítmicos, recreaciones estilísticas de relativa calidad. Pero en cualquier caso, imitando estilos muy determinados y con resultados, si bien apreciables, limitados respecto a la obra de los grandes maestros que imitan. En este sentido, el trabajo de David Cope, a través de sistemas de inteligencia artificial, resulta de los más notorios, con diversas recreaciones como sus 5000 corales en estilo de J.S. Bach generados algorítmicamente y disponibles en su web personal (<http://artsites.ucsc.edu/faculty/cope/5000.html>, consulta realizada el 31 de marzo de 2016).



considerables cuando se somete a prueba sobre un repertorio conocido, como el las fugas del Clave bien temperado de J.S. Bach (Meredith, 2016: 140-152). En lo que respecta a DM-D, podría perfeccionarse la sección algorítmica dedicada a la detección de líneas, flexibilizando su discriminación temporal e incorporando técnicas de las investigaciones más recientes en el área.

Por otro lado, y en origen, uno de los propósitos de acción del algoritmo, en situaciones de polifonía, ha sido ponderar verticalmente las simultaneidades de notas armonizadas, con el objeto de seleccionar aquellas líneas melódicas cuyo efecto vertical represente más eficazmente la armonía solicitada, por ejemplo, en lo relativo a duplicaciones de notas o a distancia interválica entre líneas. Para ello, se programó su memoria interna para que retuviese las cien mejores armonizaciones de cada línea de la trama polifónica. Con el objeto de, en una segunda fase de operación, contrastar las posibles combinaciones de todas ellas, seleccionando así finalmente aquellas líneas melódicas que también respondiesen a un criterio de verticalidad tal y como se ha planteado. Nuevamente, la implementación de esta segunda fase reviste una notoria complejidad algorítmica y de programación que por el momento no ha sido acometida, dado que la versión actual proporciona resultados satisfactorios. En cualquier caso, seguro mejorables si se llega a implementar.

Son éstas algunas de las muchas posibles opciones de perfeccionamiento y ampliación de Harmonizer. Por ello y en ese sentido, consideramos su actual desarrollo no como tarea finalizada, sino como punto de partida para nuevas perspectivas, ampliaciones e investigaciones, tanto en sus posibilidades técnicas, como en las aplicaciones artísticas o analíticas derivadas de de uso. Asimismo como referencia para otras investigaciones o entornos de creación algorítmica diferentes que, abordando procesos de armonización a posteriori, puedan beneficiarse de la experiencia de Harmonizer para incorporarla a sus propios desarrollos.



## 8 Aplicaciones Analíticas

---

El uso analítico de los sistemas algorítmicos musicales es una constante casi a partir los mismos albores de la computación musical. Desde entonces, se trata de un campo en permanente expansión, que se ve enriquecido de manera reiterada con enfoques procedentes de muy diferentes disciplinas, como la psicología, la semiótica o la estadística, entre otras. En términos generales, podemos considerar las aplicaciones informáticas musicales de carácter analítico en tres grandes grupos. El primero, haciendo uso de las extensas bases de datos de repertorio musical digitalizado, se dirige al tratamiento estadístico de tales datos extrayendo recurrencias de ellos como, por ejemplo, determinados patrones melódicos o rítmicos. El segundo, basado generalmente en sistemas de inteligencia artificial, recurre a métodos de análisis y entrenamiento del software para, a partir de dicho análisis, recrear automatizadamente determinados procedimientos y estilos musicales.

Por último, el tercero comprende aquellas herramientas analíticas que se circunscriben y profundizan en un aspecto concreto del fenómeno musical, como el análisis formal, armónico, polifónico, temático o gramatical, entre otros. David Meredith recoge como editor, en una fundamental obra de reciente publicación, un amplio compendio de artículos y trabajos titulado *Computational Music Analysis*, en el que se ofrece una avanzada panorámica de las diferentes líneas de investigación en este campo (Meredith, 2016). Un campo que, a pesar de las décadas de desarrollo y de la actual potencia computacional, sin embargo puede todavía considerarse limitado frente a una mente experta, como en la propia obra se expone:

*In the case of analysis by a human expert, the claim for a privileged, if not authoritative, status for the structure shown is implicit in the human's expertise. We tend not to ascribe expertise to computers, especially not in matters to do with the arts, so we are unlikely to regard computational analyses as carrying any particular authority. On the other hand, it is absolutely clear that the analysis which is the output of a computational analytical process does have a particular and unique status in the universe of possible analyses of the piece: it is the output of that particular analytical program when given that particular piece as input. If we know we want to find the structure which follows from a particular process, then a computational analysis, because it is free from bias, is more authoritative than a human one (provided the software properly implements the process).*

En el caso de un análisis realizado por un humano experto, la demanda de una valoración destacada, de superioridad, respecto a las estructuras identificadas resulta consustancial a la experiencia humana. No solemos atribuir maestría a los ordenadores, especialmente no en asuntos relativos a las artes, por lo que es poco probable considerar los análisis computacionales en posesión de especial autoridad. Por otra parte, queda absolutamente claro que el análisis de salida de un proceso de análisis computacional cuenta con una característica particular y única dentro del universo de los posibles análisis de la pieza: es la salida de ese programa de análisis en particular cuando se le proporciona esa pieza particular como entrada. Si tenemos claro que queremos obtener la estructura que se deriva de un proceso en particular, entonces un análisis computacional, ya que está libre de prejuicios, posee más autoridad que un ser humano (siempre que el software implemente correctamente el proceso). (Marsden, en Meredith, 2016: 20, traducción de Luis R. de Robles).

Desde tal disyuntiva entre hombre y máquina, y como corresponde a la misma esencia computacional, el objetivo de los desarrollos analíticos informatizados suele tender a delegar el mayor número posible de tareas a la computación, así como a obtener los resultados más completos en relación a ellas. Esta orientación ha operado en detrimento de una práctica analítica, conocida como *musical modelling*, o modelado musical, que parte de un análisis personal, no computerizado, de una determinada obra o estilo musical. Para, desde dicho conocimiento, programar un sistema algorítmico que recree una reconstrucción, con mayor o menor aproximación, de la propuesta previamente analizada.

Sin embargo, el modelado musical puede sin duda ofrecer determinadas ventajas. Por un lado, permite validar objetivamente el análisis realizado si el resultado musical algorítmico es percibido próximo a la obra analizada. Por otro, facilita la evaluación de un determinado sistema algorítmico, en especial la versatilidad y flexibilidad de sus

procedimientos de programación, de cara implementar los procesos necesarios para generar los distintos planos estructurales detectados a través del análisis. Encontramos diversos desarrollos significativos en este campo, como la recreación del primer movimiento de la *Sonata para piano KV 332* de W.A. Mozart a través de *Redes de Petri*<sup>35</sup> (Baratè, 2005: 210), o la del estilo *tinntinnabuli* y su aplicación a la obra *Spiegel im Spiegel* de Arvo Pärt, a través del entorno *OpenMusic* (Shvets: 2015). Destacables resultan también las reconstrucciones, mediante el lenguaje *Lisp*, que realiza Heinrich Taube en su célebre obra *Notes from the Metalevel*, entre las que figuran las de *Piano Phase* de Steve Reich (Taube, 2004: 130-135), la del *Estudio para piano N°1 Desordre* de Giorgi Ligeti (Taube, 2004: 276-292), o una recreación del estilo jazzístico (Taube, 2004: 262-275).

El objetivo de la metodología *Designing Music*, y de *DM-D* como medio para desarrollarla, no constituye, en principio, la operación como herramienta analítica, sino la investigación en torno a la posposición de la aplicación del plano armónico, dirigida fundamentalmente hacia la creación musical, por tanto, a su empleo como soporte para el desarrollo de la producción artística. Sin perder de vista dicho objetivo, esta metodología ha sido también puesta a prueba como herramienta de imitación estilística y analítica de música de repertorio, a través de modelado musical, con la finalidad principal de evaluar su capacidad y flexibilidad. Aparte de evaluar dicha capacidad en sus procesos de programación, tal aplicación ofrece una perspectiva analítica particular en relación al hecho armónico pues, en base a la metodología, permite concentrar la atención sobre el plano formal-temático, al ser éste el primero en desarrollarse completamente como paso previo a la posterior aplicación del plano armónico. Facilita así la total abstracción frente al hecho armónico, por tanto una evaluación en profundidad de la trascendencia de dicho plano formal-temático en la construcción de la obra a analizar.

A continuación se presentan dos ejemplos de esta aplicación analítica de *Designing Music*, a través de recreaciones de modelado musical. La primera elabora el estilo de un preludio barroco para teclado, tomando como referencia la técnica de J.S. Bach. El segundo reconstruye los 25 primeros compases del *Estudio para piano N°8, Fem*, de G.

---

<sup>35</sup> Las Redes de Petri constituyen un tipo determinado de Redes de Transición, descritas en el punto 5.1.

Ligeti. El comentario y descripción que se ofrece está realizado desde la perspectiva de una previa familiarización con los procedimientos de programación de la herramienta DM-D, tal y como se exponen en los capítulos 6 y 7 de esta obra, junto a los apéndices IV, V y VI, y al Tutorial que se incluye en la web pública<sup>36</sup> de la herramienta.

## 8.1 Preludio para teclado en el estilo de J.S Bach

Para la modelización a través de DM-D de este ejemplo se ha tomado como referencia el preludio correspondiente a la Fuga N° 5 BWV 850, en Re mayor, del primer cuaderno del Clave Bien Temperado, de J.S.Bach. Pueden establecerse seis tipologías distintas entre los preludios de esta colección (Michels, 1982: 141). En base a esta diferenciación, este preludio en concreto se asocia a la tipología de *movimiento perpetuo*, que se caracterizaría, según Michels, por *figuraciones arremolinadas y uniformes*.

En efecto, como puede apreciarse, se construye como un movimiento continuo en el que no se distinguen divisiones formales, más que la zona cadencial a partir del compás 29. Bajo esta uniformidad temática, la organización formal procede casi en exclusiva de la evolución armónica, que sí que presenta una considerable actividad a través de diversas modulaciones, de las cuales indicamos las principales: La mayor (cc. 3-6), Fa# menor (cc. 9-10), Mi menor (cc. 11-12), Si menor (cc. 17-18), Sol mayor (cc. 19-22) y Re menor (cc. 29-32). La organización temática del preludio se apoya en una célula de cuatro semicorcheas, repetida como ostinato, y elaborada con algunas pequeñas transformaciones, principalmente movimiento contrario. Se trata de un procedimiento frecuente en Bach, consistente en partir de unas pocas células rítmico-melódicas para, por distintas transformaciones como movimiento contrario o retrógrado, construir un discurso melódico de amplias dimensiones. El bajo mantiene también un comportamiento en ostinato, describiendo una línea de tipo bajo continuo.

---

<sup>36</sup> En <http://www.designingmusic.org>

**Preludio 5 - BWV 850**

3

6

9

12

15

18

21

24

27

30

33

Fig. 8 - (1). Preludio correspondiente a la Fuga N° 5 BWV 850, en Re mayor, del primer volumen del Clave Bien Temperado, de J.S.Bach. (+Audio)



### 8.1.1 Programación de Composer: Generación de la estructura formal y temática.

Partiendo de la configuración estructural y de las técnicas observadas en el preludio BWV 850 de J.S. Bach, se ha procedido a la creación de una pequeña pieza que recrea este estilo, generada completamente mediante la aplicación de la metodología Designing Music y la herramienta DM-D. La pieza es de dimensiones más reducidas y en ella no se ha pretendido un ajuste preciso al planteamiento macroformal del mencionado preludio, aunque sí se estructura, al igual que aquél, en una extensa primera sección de desarrollo melódico continuo seguida de una zona cadencial final. Nuestro objetivo es que el efecto final se aproxime lo suficiente para ser reconocido como un pequeño preludio en estilo barroco, dentro de la citada tipología *movimiento perpetuo*, y relacionado con el de J.S. Bach.

Se muestra a continuación los elementos temáticos en que se basa la programación de DM-D, que constituyen el punto de partida para la composición. A diferencia del preludio de J.S. Bach, en este caso para el ostinato melódico se ha empleado no una sino dos células. Ambas son de naturaleza similar, diferenciadas tan sólo por el perfil escalístico en la primera frente al floreo en la segunda. Una tercera célula, un simple acorde, es utilizado para la sección cadencial final.



Fig. 8 - (2). Células empleadas para la programación de los generadores de secuencias de DM-D en la recreación del preludio barroco (versión 1).

Estas tres células son empleadas como motivo sobre el que operan los distintos generadores de secuencias que se incluyen en la hoja programación de DM-D, la cual se muestra y se comenta en sus características principales a continuación.

#### CONFIGURACION

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Valor	30	120	4	4	0	0

#### CALCULOS

TCAL	Expresión	Comentario
Aleat1	nrnd(10)-5	

#### GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clics	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clics	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad	Comentario
V.def.	2	1	0	1	0	12	15	0	12	1	80	64	0	30	
gen1				5							10	0			Forma general
gen2		16	96							4	12	-10			Forma escala cadencia

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del periodo, 2 si se calcula al finalizar una nota.  
Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.

#### GENERADORES DE SECUENCIAS

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clics	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua	Prioridad	Comentario
V.def.	1	0	1	0	0	1	0	4	15	0	1	0	0	0	60	
sec1		nrnd(1)						0			nrnd(4)	gen1	gen1			Melodía
sec2				48	3	2		4			nrnd(4)	gen1-15	gen1-25			Bajo
sec3		2	16					16	4							Acorde 1 cad.
sec4			16	96				0	1		4	gen2	gen2			Escala cadencia
sec5		nrnd(1)	18					0	1		nrnd(4)	aleat1	aleat1			Mel. cadencia
sec6		2	18		-1			4	1							Acorde 2 cad.

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

#### SALIDA

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
	1	sec1	sec1u	sec1i		1. Melodía principal
	2	sec2	sec2u	sec2i		2. Bajo principal
	1	sec3	sec3u	sec3i		3. Acorde largo cad.
	2	sec3 - 15	sec3u	sec3i		4. Mano izquierda del acorde largo cad.
	1	sec4	sec4u	sec4i		5. Escala cadencia
	2	sec4 - 16	sec4u	sec4i		6. Mano izquierda de la Escala cadencia
	1	sec5 + nrnd(4)	sec5u	sec5i		7. Melodía de la cadencia
	2	sec6 - 20	sec6u	sec6i		8. Acordes breves cadencia

Fig. 8 - (3). Hoja de programación de DM-D correspondiente a la recreación del preludio barroco, que produce el archivo de salida representado en la figura 8 - (5). (+Prog)

En primer lugar, se han empleado dos generadores de ondas continuas para llevar a cabo tareas de control formal. Por ello no se configuran para que produzcan notas en la salida, sino que ejercen su cometido solamente como medio de control de otros generadores:

- *gen1*: se trata de una onda senoidal de cinco compases de duración, cuyo valor oscila entre 10 y 0. Es empleado para establecer un transporte oscilante y progresivo, tanto en la melodía como en el bajo, durante los primeros quince compases, como se comenta más adelante, aplicándolo a los generadores *sec1* y *sec2*. Este transporte progresivo es de naturaleza parecida a la observada en el preludio de J.S. Bach, en el que se puede apreciar la alternancia de zonas graves (cc. 8, 14-16, 24) y otras más agudas (cc. 1-4, 9-10, 27-28), con una suave transición entre ellas.
- *gen2*: este generador comienza su actuación en la segunda blanca del c.16. Su forma es de diente de sierra descendente y se emplea para controlar el abrupto gesto melódico que discurre desde la mitad del c.16 hasta la mitad del c.17, dentro ya de la zona cadencial.

Los generadores de secuencias, que se basan en los motivos mostrados en la figura 8-(2), son los que producen en este caso las notas de salida. De ellos, *sec1* y *sec2* generan los quince primeros compases. El resto se utilizan para los tres compases siguientes de la cadencia, cuya irregularidad requiere la intervención de varios de ellos:

- *sec1*: genera los quince primeros compases de la melodía del preludio. La función aleatoria *nrand(1)* controla el número de secuencia<sup>37</sup> que emplea. Al oscilar su resultado aleatoriamente entre 0 y 1, el efecto producido es que se sucedan aleatoriamente la primera o segunda células mostradas en la figura 8-(2). El tipo de movimiento también es controlado por una función aleatoria, cuyo efecto es que aleatoriamente las mencionadas células se reproduzcan por movimiento directo, contrario, retrógrado o contrario-retrógrado. Por último, el oscilador *gen1* controla el

---

<sup>37</sup> El número de secuencia se refiere al número de célula, de las tres mostradas en la figura 8-(2). En ese sentido, a lo largo del texto se utilizan como sinónimos el término secuencia, célula o motivo, aunque como nomenclatura analítica puedan poseer matices diferenciadores. Respecto a la numeración, se inicia por 0. Por tanto, las células del ejemplo quedan numeradas como 0, 1 y 2.

transporte efectuado sobre *sec1*, lo que produce que su salida se vea transportada progresivamente en periodos de cinco compases, según la evolución de *gen1*.

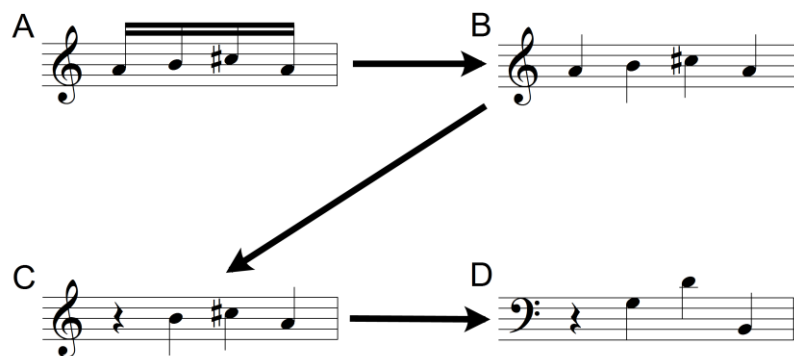


Fig. 8 - (4). Proceso de transformación algorítmica de la primera célula para generar la línea del bajo en el preludio barroco.

- *sec2*: genera los quince primeros compases del bajo del preludio. Para ello, toma la primera célula (valor 0 por defecto en la casilla *Num. de secuencia*), mostrada como A en la figura. Esta célula experimenta tres transformaciones. La primera, la aumentación de su duración al cuádruple de su valor<sup>38</sup>, de manera que las duraciones de semicorchea se transforman en negras (B). La segunda transformación consiste en que se prescinde de la primera nota del motivo, indicando como *Nota de inicio* la segunda nota del motivo (C). Y se realiza una transposición descendente asimétrica de los límites del motivo pues, como puede observarse, el valor de transporte del límite inferior es 10 semitonos más amplio que el valor de transporte del límite superior (casillas *Trans lim. sup.* y *Trans lim. inf.*). El efecto es una dilatación del ámbito en el

<sup>38</sup> La aumentación se expresa en partes de compás, que es de 4 por 4 como se establece en la tabla Configuración al principio de la hoja de programación. Al figurar el valor 3 como aumentación, el efecto es que el motivo de partida, cuya duración total es una negra, se ve extendido en otras tres negras adicionales. Por lo tanto, la duración total de este motivo a repetir es cuatro negras, con lo que efectivamente las semicorcheas de origen se ven transformadas en negras.

que discurre el motivo, transformándose los grados conjuntos en intervalos mucho más amplios (D). Al igual que en *sec1*, y como se expresa matemáticamente, el transporte también se ve condicionado por la oscilación de *gen1*. Por lo demás, se introduce el silencio de negra entre cada repetición del motivo (la casilla *Silencio final* vale 4, expresado en semicorcheas) y se realiza una modificación aleatoria del *Tipo de movimiento* similar a la descrita en *sec1*. Todas estas transformaciones a partir de la primera célula pueden apreciarse en el bajo, tal y como se muestra en la figura 8-(5), en el que, aunque pueda resultar difícil de reconocer, el origen del discurso musical generado procede de la primera célula.

- *sec3*: este generador y los siguientes se dedican a elaborar los cuatro compases finales de concepción cadencial, caracterizados por su irregularidad. En concreto *sec3* produce los acordes de una blanca de duración al principio del c.16, final del c.17 y principio del c.19. Su actividad comienza precisamente en el c.16 (indicado en la casilla *Inicio comp.*) y se establece un silencio entre una repetición y la siguiente de 16 semicorcheas (casilla *Silencio final*), es decir, una redonda, que es la distancia temporal que separa un acorde del siguiente. Como se verá más adelante sobre la Tabla de Salida, el mismo acorde es empleado, por transporte, para generar tanto el del pentagrama superior como el del inferior.
- *sec4*: desarrolla la escala descendente durante la segunda mitad del c.16 y primera del c.17. Se construye con la primera célula y el gesto descendente es controlado por *gen2*, que facilita un abrupto transporte descendente de 22 semitonos (casillas *Trans lim. sup.* y *Trans lim. inf.*).
- *sec5*: produce la melodía del c.18. Para generarla, vuelve a emplearse una alternancia aleatoria entre la primera y segunda células (casilla *Num. de secuencia*). El tipo de movimiento resulta también aleatorio entre los cuatro posibles. En cuanto al transporte, éste es controlado en sus dos posibilidades, límite superior y límite inferior (casilla *Trans lim. sup.* y *Trans lim. inf.*), por una función de cálculo, *Aleat1*. La razón para emplear una función de cálculo es que, dado que la expresión matemática que contiene es también aleatoria, si hubiese sido directamente escrita en las casillas del generador, lo que es posible, la aleatoriedad produciría valores matemáticos diferentes en cada casilla. Sin embargo, bajo esta forma de escritura, *Aleat1* proporciona un valor

aleatorio comprendido entre +5 y -5, pero se aplica exactamente el mismo en ambas casillas. Es decir, se transporta la célula correspondiente, de manera idéntica en su límite inferior y superior, un valor aleatorio entre 5 semitonos ascendentes o 5 semitonos descendentes. El objetivo de este transporte aleatorio no es otro que reforzar la irregularidad cadencial de este fragmento melódico.

- *sec6*: genera los dos acordes graves del c.18. Estos dos acordes se construyen, al igual que los demás de la zona cadencial, a partir de la tercera célula. En este caso, se ha procedido a actuar sobre la aumentación con un valor negativo, lo que genera el efecto contrario, la disminución o reducción de la duración. En efecto, el valor de la casilla *Aument.* (+ o -) es -1, lo que implica que la duración se reduce en un pulso, es decir, una negra. Al ser el acorde de una blanca de duración, ésta queda reducida a la mitad, tal y como figura en el c.18.

Por último, en la Tabla de Salida es donde se indica qué generadores o valores matemáticos van realmente a producir un efecto en el archivo de salida, por tanto a producir notas musicales efectivas. La tabla en este ejemplo cuenta con ocho filas activas, de las que cuatro generan el pentagrama superior, las que presentan la casilla *Instrumento* con valor 1, y las cuatro restantes el pentagrama inferior, cuya casilla *Instrumento* vale 2. Comentamos los aspectos más relevantes en las mismas:

- Filas 1 y 2: dirigen a la salida el resultado de los generadores *sec1* y *sec2*, produciendo respectivamente la melodía y el bajo de los quince primeros compases.
- Filas 3 y 4: producen la salida de los acordes de blanca en los cc. 16, 17 y 19, a partir de *sec3*. Para generar el acorde grave, en la fila 4 se emplea *sec3* transportado 15 semitonos descendentes.
- Filas 4 y 5: generan la salida de las escalas descendentes de la segunda mitad del c.16 y primera del c.17. Para el pentagrama grave, controlado por la fila 5, se toma el mismo valor que en el pentagrama agudo, el resultado de *sec4*, y se transporta descendentemente 16 semitonos.

- Fila 7: dirige a la salida el resultado del generador *sec5*, que produce la melodía del c.18. Para reforzar la irregularidad cadencial, se le agrega un transporte aleatorio de hasta 5 semitonos. Este transporte es diferente del que afecta al propio generador en su definición, a través de la función *Aleat1*. En aquel caso, el transporte se produce para el total de la célula y no varía hasta que se reemprende el siguiente ciclo<sup>39</sup>, iniciando una nueva célula. En este, el valor aleatorio afecta a cada nota individual.
- Fila 8: esta última fila traslada a la salida el resultado de *sec6*, para generar los acordes del segundo pentagrama en el c.18. Realiza un transporte descendente a los mismos de 20 semitonos. Este transporte pudiera haberse realizado también a través de las casillas *Trans lim. sup.* y *Trans lim. inf* del propio generador, repitiendo el valor -20 en ambas.

A continuación se muestra la pieza generada por DM-D como resultado de la programación descrita. Evidentemente, el contenido armónico no ha sido objeto de control alguno. Además, aunque se parte de unas células con unas alturas concretas, éstas se encuentran transportadas y transformadas a través de las numerosas funciones aleatorias que incorpora la programación. En consecuencia, el efecto armónico resultante es aleatorio, por lo tanto atonal. Sin embargo, sí queda determinado todo el discurso formal y temático, tal y como ha sido descrito, lo que puede apreciarse tanto en su presentación en partitura como a través de la audición, mediante el archivo de audio correspondiente que se proporciona.

---

<sup>39</sup> Los generadores contienen un parámetro de control que se define en la casilla *Momento de cálculo*. Si el valor de esta casilla es 0, los cálculos o valores contenidos en las diferentes casillas del generador se actualizan para cada nota producida. Si es 1, su valor por defecto, sólo se actualizan al completar el ciclo completo de la secuencia e iniciar una nueva.

The musical score is presented in five systems, each with three measures. The notation is for a piano in 4/4 time. The right hand (treble clef) contains a complex, flowing melodic line with many accidentals (sharps, flats, and naturals). The left hand (bass clef) provides a harmonic foundation with fewer notes, often using chords and single notes. Measure numbers 4, 7, 10, 13, and 16 are placed at the beginning of the fourth, fifth, sixth, seventh, and eighth measures respectively, indicating the start of new musical phrases or sections.

Fig. 8 - (5). Estructura formal y temática generada del Preludio para teclado en estilo barroco generado por DM-D, previa a la aplicación de tratamiento armónico. (+Audio)



### 8.1.2 Programación de Harmonizer: aplicación del tratamiento armónico

La programación armónica ha sido planteada siguiendo una organización general inspirada en el preludio de J.S. Bach, en lo que a discurso armónico se refiere. Se modula frecuentemente hacia tonalidades relativas, siguiendo los rasgos propios del estilo que resultan también apreciables en el mismo preludio de Bach. Por ello, excepto en el arranque y la zona final cadencial, el contenido armónico deviene inestable, sujeto a constante modulación, como Sol mayor (cc. 4-6), La menor (cc. 7-8), Sol mayor (cc. 9-10), Fa mayor (cc. 10-11) o Re menor (cc. 12-13), tal y como se muestra en la hoja de programación armónica de DM-D de la figura 8-(6). Las escalas empleadas para las notas extrañas se adaptan igualmente a los desplazamientos tonales. Respecto a los tipos de notas extrañas configuradas en la programación, se han admitido notas de paso, floreos y apoyaturas. Estas últimas han sido las menos empleadas por el proceso automatizado de armonización, figurando tan sólo en dos ocasiones: la primera nota Fa del c. 3 y también la primera nota La del c. 15.

En este caso, se ha programado también Harmonizer para forzar el bajo a seguir la nota grave de los acordes que aparecen en la hoja de programación armónica. Igualmente la melodía es requerida a destacar la nota superior de los mismos, tal y como ha sido descrito en el punto 7.2.4, a través respectivamente de los parámetros *Bass Ins* y *Mel Ins* del archivo *conar.txt*. Esta adaptación de la línea melódica superior a una guía organizativa establece una subestructura melódica, como es detectable en gran parte de la literatura musical a través del análisis schenkeriano. Ello contribuye a aportar coherencia a un discurso melódico, especialmente si resulta muy dinámico o figurado, como es el caso.

La audición, a través del archivo de audio que se adjunta, proporciona una experiencia completamente similar en lo estructural a la de la pieza no armonizada. Si bien, en esta ocasión, la aplicación de un proceso armónico rigurosamente barroco permite finalmente vincular la pieza escuchada a dicho estilo, lo que no se produce con la pieza sin armonizar.

The image displays a musical score for a Baroque Prelude, organized into five systems. Each system consists of a single melodic line on a treble clef staff and a piano accompaniment on a grand staff (treble and bass clefs). The score is divided into measures, with some measures containing rests. The piano accompaniment features various chords and arpeggios. The systems are numbered 4, 7, 10, 13, and 16 at the beginning of the first staff of each system.

Fig. 8 - (6). Programación armónica del Preludio barroco. El pentagrama superior contiene las escalas a emplear para las notas extrañas. Los dos inferiores, los acordes a aplicar. (+Prog)

## Preludio Barroco - 1

The musical score for 'Preludio Barroco - 1' is presented in a standard two-staff format. The first five systems (measures 1-15) show a melodic line in the treble clef with various ornaments and rests, and a bass line in the bass clef. The sixth system (measures 16-19) shows a more complex harmonic structure with multiple notes per staff. Measure numbers 4, 7, 10, 13, and 16 are indicated at the start of their respective systems.

Fig. 8 - (7). Versión final del Preludio barroco, con la programación armónica aplicada por DM-D sobre la estructura temático-formal previamente generada, tal y como se muestra en el ejemplo 8 - (5). (+Audio)

Es evidente que el resultado queda distante de la perfección artística de un maestro de la talla de J.S. Bach, distancia que se incrementa además al haber optado por una programación de DM-D compacta y sencilla, de carácter meramente ilustrativo. Sin embargo, estimamos que se acerca lo suficiente al estilo barroco, permitiendo realizar una muestra de las posibilidades de DM-D, tanto en su perspectivas técnicas como conceptuales. En el plano técnico consideramos que ofrece una idea de cómo la concepción visual y organizativa del módulo Composer puede facilitar programaciones de relativa complejidad con la intervención de escasos datos, condensados en unos pocos generadores. En cuanto a Harmonizer, pone a prueba la capacidad de adaptación a un lenguaje armónico minucioso, como pueda ser el del barroco tonal.

En el plano conceptual, permite contrastar en la práctica los planteamientos de la metodología Designing Music. En primer lugar, respecto a la viabilidad técnica de llevarla a cabo, sin el excepcional recurso a un proceso de doble escritura manual como el aplicado por Jesús Rueda (ver Apéndice II). Y por otro lado, sobre la posibilidad de recrear a través de ella un estilo musical, el Barroco, en el que el apriorismo armónico resultaba consustancial a los planteamientos creativos, técnicos e incluso éticos de su época. La conclusión que de ello se deriva es que, aún gozando tal apriorismo de una implantación casi subconsciente en los creadores de la conocida como Música Tonal Clásica, en realidad los planos temático-formal y armónico, también dentro de este estilo, pueden operar de manera independiente. La liberación de determinados prejuicios adquiridos desde el mismo albor de la polifonía, por una parte, y la tecnología, por otro, nos permiten actualmente explorar tal independencia y establecer, de ese modo, una orientación analítica propia.

Por último, a través de este ejemplo podría extraerse la impresión de que la programación algorítmica de DM-D, incluso la programación algorítmica en general, puede implicar un considerable esfuerzo para llegar a obtener un resultado, con frecuencia, relativamente limitado frente a la capacidad humana. Sin duda el esfuerzo es apreciable y el fruto del mismo aparentemente exiguo, especialmente al enfrentarse a la recreación de estilos con una amplia literatura musical suministrada por grandes maestros. No podemos, sin embargo, pasar por alto determinadas ventajas que claramente conlleva. La primera, el propio esfuerzo de modelización estructural y programación implica una ejercitación de valor analítico y formativo en sí misma. Por otro lado, al contar usualmente los entornos

de programación algorítmica musical, como DM-D, con la posibilidad de incorporar funciones aleatorias, permiten obtener multitud de variantes diferentes de la misma pieza cada vez que se ejecuta la programación, en función de la aleatoriedad que haya sido incorporada. Tal ha sido el caso de este ejemplo, que es tan sólo uno de los miles posibles que dicha programación proporciona.

Otra ventaja reside en la facilidad de ampliación o manipulación formal. En este ejemplo se han generado tan sólo diecinueve compases. Sin embargo, pequeñas intervenciones en la programación permitirían producir una pieza mucho más extensa, variar algún aspecto formal, por ejemplo a través de la configuración de *gen1*, así como transformar aspectos armónicos. Finalmente, la modificación de las células en las que se apoya la programación de los generadores de secuencias puede proporcionar también una elaboración musical diferente, adaptando estas nuevas células a la estructura formal, temática y armónica programada. En ese sentido, incluimos una nueva variante, a modo de ejemplo, de esta posibilidad. En la figura 8-(8) aparece el nuevo conjunto de células seleccionado y en la siguiente figura, la 8-(9), el resultado generado por DM-D a partir de ellas, aplicando la misma programación con la que ha sido generado el ejemplo 8-(7).



Fg. 8 - (8). Células empleadas para la programación de los generadores de secuencias de DM-D en la recreación del preludio barroco (versión 2). (+Prog)

## Preludio Barroco - 2

4

7

10

13

16

Fig. 8 - (9). Versión alternativa del Preludio barroco, con la misma programación empleada para generar el ejemplo 8-(7), pero aplicando las nuevas células de la figura 8-(8). (+Audio)

## 8.2 Estudio para piano N° 8, *Fem*, de G. Ligeti

La segunda modelización corresponde a los veinticinco primeros compases del estudio para piano N° 8 *Fem*, del compositor húngaro Gyorgy Ligeti, fallecido en el año 2001. *Fem* forma parte de una colección de un total de dieciocho estudios para el instrumento, compuestos a partir del año 1985. La colección se divide en tres cuadernos, abarcando los estudios 1 a 6 el primero, 7 a 14 el segundo y 15 a 18 el tercero.

Desde el punto de vista estético la pieza, al igual que otros estudios (N°1 *Desordre*, N°12 *Entrelacs*), reviste influencias africanas. En concreto, en *Fem*, compuesto en el año 1989, se manifiestan a través de la insistente polirritmia entre los dos planos rítmicos que se desarrollan en cada mano, al igual que en la sonoridad rítmica marcada, de intervállica abierta, inspirada en la música para xilófono del sur de Africa (Scherzinger, 2006: 236) <sup>40</sup>. Ha sido relacionado también con técnicas armónicas presentes en la música instrumental de aquel área, consistentes en varios estratos de quintas oscilando entre dos tónicas separadas un tono (Scherzinger, 2006: 240).

El estudio se estructura en tres secciones. La primera, de carácter expositivo, comprende desde el c. 1 al 24. La segunda, del c. 25 al 57, es un desarrollo del material original, que experimenta transformaciones para precipitar los clímax del c. 48 y el c. 57. La tercera, del c. 58 al 78, resulta muy contrastante y rítmicamente mucho menos activa que las anteriores, adoptando una función de coda final. La modelización se desarrolla, por lo tanto, sobre la primera sección de la pieza, la cual se muestra en su original a continuación.

---

<sup>40</sup> Scherzinger acomete una exhaustiva revisión de las influencias africanas en la obra de Ligeti, tomando como referencia el disco compacto titulado *African Rhythms*, que recoge música del autor, de Steve Reich y de los pigmeos Aka, en cuya elaboración participó el propio Ligeti. En ella insiste en que la polirritmia empleada por Ligeti en *Fem* no es vinculable a una estética africana, pues difiere técnicamente de la característica en la música autóctona del continente (Scherzinger, 2006: 239). Dadas las numerosas referencias africanas en la pieza, y sin poner en duda la apreciación de Scherzinger, consideramos improbable que Ligeti no relacionase, al menos de manera especulativa, la estructural polirritmia subyacente en *Fem* con la estética musical del continente.

The musical score consists of two staves, treble and bass clef, with a key signature of three flats (B-flat, E-flat, A-flat). The time signature is 12/8, indicated by a '12' over an '8' at the beginning of the first system. The score is divided into measures, with measure numbers (3), (5), (7), (9), (11), and (13) marking the start of new systems. The first system (measures 12-13) begins with a forte (*f*) dynamic. The notation includes various chords, some with accidentals (sharps and flats), and a complex rhythmic pattern. A bracket labeled '8' spans measures 11 and 12. The second system (measures 13-14) begins with a piano (*p*) dynamic and includes the instruction 'una corda' (one string) at the bottom left. The score concludes with a double bar line at the end of measure 14.



(15)

(17)

(19) *ff*  
tre corde

(21) *fff*  
(*ff*)

(23) *8*

(25) *p*  
una corda

Fig. 8 - (10). Veinticinco primeros compases del Estudio para piano N°8, Fem, de G. Ligeti. Ha sido indicado el inicio de cada nueva talea.

### 8.2.1 Análisis de los veinticinco primeros compases del Estudio

Antes de proceder a su modelización, hemos de conocer con cierto detalle, a través del análisis, cómo ha sido elaborada esta primera sección del Estudio. Las diferentes consideraciones analíticas presentadas se acompañan de una sigla entre corchetes, que es posteriormente empleada en el punto 8.2.2 para mostrar la correspondencia entre dichas consideraciones y la programación algorítmica que la implementa.

[A] **Taleas.** Toda la obra, excepto la última sección, se elabora a partir de la superposición de dos esquemas rítmico-melódicos repetidos. Cada uno de los esquemas se asigna a una mano del piano y su rasgo más característico es que no poseen la misma duración. El esquema de la mano derecha cuenta con una extensión de 18 corcheas, mientras que el de la mano izquierda dura sólo 16. La repetición invariable de tales esquemas evoca a la técnica medieval de *taleas*, generando un marcado efecto polirrítmico:

Talea mano dcha:



Talea mano izda:

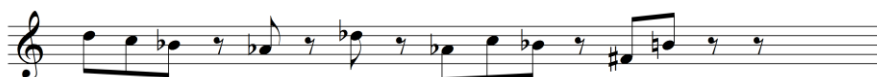


Fig. 8 - (11). Taleas que estructuran las dos primeras secciones del Estudio.

[B] **Forma.** La forma queda determinada por diversos aspectos. El primero procede de la coincidencia de las taleas cada 12 compases. En efecto, 12 compases, en compás de 12 por 8, suman un total de 144 corcheas. Si dividimos este total por el número de corcheas de cada talea, la operación resulta:

- Mano derecha:  $144 \text{ corcheas} \div 18 \text{ corcheas por talea} = 8 \text{ taleas}$
- Mano izquierda:  $144 \text{ corcheas} \div 16 \text{ corcheas por talea} = 9 \text{ taleas}$

Es decir, en el c. 12 la mano derecha completa un ciclo de 8 taleas y la izquierda otro de 9. Lo mismo se produce en el c. 24. Ello hace que, al final del compás, coincidan los dos últimos silencios que contiene cada talea, creándose un efecto de vacío sonoro que genera una discontinuidad formal, aprovechada por Ligeti. Y es que, como segundo aspecto formal, el autor emplea diversos elementos del discurso musical, como la tesitura, la dinámica o la densidad sonora, para crear contrastes y puntos culminantes precisamente en torno a los cc. 12 y 24. Si trazamos una gráfica que sintetice la evolución de estos elementos, en relación a la intensidad musical que producen, la resultante sería aproximadamente la que sigue:

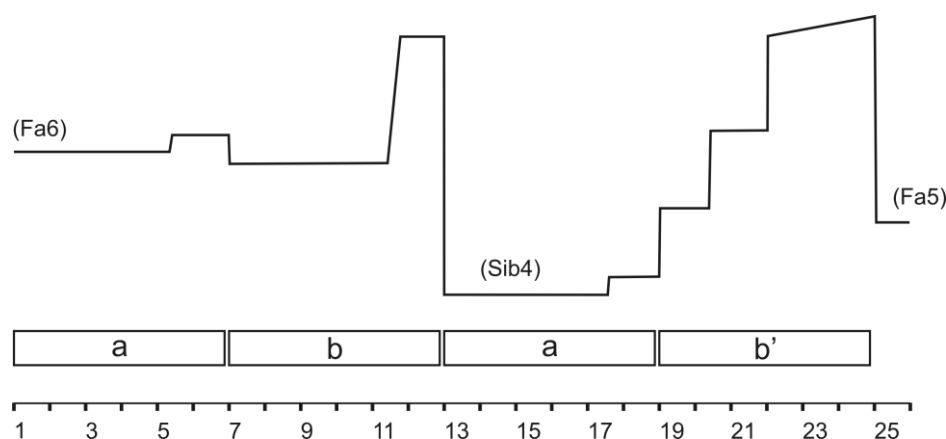


Fig. 8 - (12). Evolución de la intensidad musical en la primeros 25 compases del Estudio, en función del desplazamiento en tesitura, la dinámica y la densidad de elementos.

**[C] Bloques de 6 compases.** Como aparece en la figura, las estructuras de 12 compases se organizan en dos bloques de 6. Esta organización viene determinada por la repetición de los 6 primeros compases en los cc. 13 a 18. La repetición es absolutamente literal, simplemente transportada una 12ª descendentemente en ambas manos.

**[D] Transformación del motivo en Bloque a (mano derecha).** De las cuatro taleas que conforman este bloque, el inicio es similar en las tres primeras, sin embargo su final experimenta transformaciones interválicas. Estas resultan más acusadas en la 4ª talea, cuya interválica se encuentra toda transformada por ampliación, comenzando también una 2ª mayor por encima del motivo original, para descender después significativamente.



Fig. 8 - (13). Modificaciones interválticas en taleas 2 a 4, mano derecha, respecto a la original. Indicadas con línea de puntos.

**[E] Quinta justa agregada y ausencia esporádica (mano derecha).** La tala se acompaña de una quinta justa paralela inferior, casi invariable. De manera esporádica la quinta justa inferior se encuentra ausente, como puede apreciarse en la figura previa, en el c. 6. Ello se produce hacia el final de la tala y con mayor incidencia en la 2ª mitad de cada bloque de 6 compases. Desde el punto de vista compositivo, tal ausencia aparenta más ser debida a la intención de facilitar la ejecución pianística, antes que a concepciones estructurales compositivas, pues tiende a desaparecer en aquellos lugares con giros interválticos de cierta amplitud, cuya presencia dificultaría la interpretación.

**[F] Transformación en el transcurso del motivo en Bloque b (mano derecha).** La tala de la mano derecha tiende a la irregularidad interváltica durante el Bloque b, en mayor grado que en el Bloque a:



Fig. 8 - (14). Irregularidad interváltica respecto al motivo original en la primera tala del Bloque b'.

**[G] Movimiento contrario en el motivo (mano derecha).** En las secciones de clímax y previas, el motivo tiende a figurar por movimiento contrario respecto al original:



Fig. 8 - (15). Movimiento contrario respecto al original en la 7ª tallea de la mano derecha, compás 10.

**[H] Nota de refuerzo en clímax (mano derecha).** En las zonas de clímax, la quinta se ve reforzada con una nota adicional en algunas de las figuras. Aunque se aprecia ocasionalmente otra interválica diferente, el intervalo de esta nota de refuerzo tiende mayoritariamente a la 2ª mayor o a la 9ª mayor respecto a la nota superior:



Fig. 8 - (16). Notas agregadas, además de la 5ª, en los cc. 23 y 24, mano derecha.

**[I] Transformación del motivo en Bloque a (mano izquierda).** Al igual que en la mano derecha, en las taleas del Bloque a se tiende a la similitud en el inicio de las mismas, difiriendo posteriormente:



Fig. 8 - (17). Modificaciones interválicas en taleas 2 y 3 (Bloque a), mano izquierda, respecto a la original. Indicadas con línea de puntos.

**[J] Transformación del motivo en Bloque b (mano izquierda).** Las taleas de la mano izquierda en este bloque tienden a la irregularidad, respecto a la original, en el inicio y en el final del motivo:



Fig. 8 - (18). Modificaciones interválicas, respecto al original, del inicio y final del motivo en el Bloque b, mano izquierda. Indicadas con línea de puntos.

**[K] Quinta justa agregada y ausencia esporádica (mano izquierda).** Al igual que en la mano derecha, la quinta justa inferior figura ausente de manera esporádica. Esta ausencia tiende a repetirse en la corchea central de los grupos de tres corcheas seguidas. También en la primera corchea de la talea en el Bloque a:



Fig. 8 - (19). Posiciones de ausencia de la quinta justa agregada de la mano izquierda, indicadas en la talea inicial.

**[L] Nota de refuerzo en clímax (mano izquierda).** Al igual que la mano derecha, en la mano izquierda aparece ocasionalmente una tercera nota de refuerzo, con predominancia del intervalo de 2ª ó 9ª mayor respecto a la nota superior:



Fig. 8 - (20). Notas agregadas, además de la 5ª, en los cc. 21 y 22, mano izquierda.

**[M] Armonía:**

- Bloque a - mano derecha: las tres primeras taleas parecen evolucionar sobre una armadura de tres bemoles. La insistencia inicial en la nota Sib, como nota grave, pudiera inducir a apreciar una sugerencia de color modal Sib mixolidio, ambiguamente con Fa dórico si la que se considera es la nota Fa aguda. En cualquier caso, el conjunto sí aparenta una marcada tendencia hacia el diatonismo en torno a la citada armadura.
- Bloque a - mano izquierda: mantiene también una lógica diatónica, aunque menos determinada que en la mano derecha, por la aparición de diferentes cromatismos, como Re natural - Re bemol, o Si bemol - Si natural, presentes ya desde la primera talea. No parece, por tanto, circunscribirse al diatonismo concreto de una armadura convencional.
- Bloque b: durante los compases 6 a 10 resulta notoria la ausencia de alteraciones, con casi la exclusiva presencia de Fa#, aunque la nota Fa aparece también natural. Se mantiene por ello, e incluso se refuerza, la lógica diatónica. En los compases 11 y 12, zona del clímax, se produce un fuerte contraste armónico, abandonando el carácter diatónico para conducirse hacia otro de saturación cromática.
- Bloque b': el proceso armónico resulta parecido al del Bloque b, pero invertido en dimensiones. Si b cuenta con una amplia sección inicial netamente diatónica seguida de 2 compases cromáticos en el clímax, en b' el diatonismo queda muy reducido para dilatar la sección cromática. De hecho, tal diatonismo se limita tan sólo al c. 18, que pertenece todavía al Bloque a, y a la primera mitad del c. 19, donde la única alteración que figura es el Sib, que también aparece natural. Tras él, el clímax de b' resulta de mayor envergadura que el de b, tal y como se recoge en la figura 8-(12). Ello se refleja también en el plano armónico, extendiéndose durante los compases 21 a 24 la sección de saturación cromática.

Con el comentario armónico concluyen estas consideraciones analíticas, que no pretenden constituir un análisis absoluto y exhaustivo de la pieza sino, tan sólo, una referencia para acometer la modelización. Por ello, se han pasado por alto numerosos detalles, cuya

ocurrencia resulta más esporádica que los aspectos analizados. Por ejemplo, el empleo de interválicas en la segunda voz diferentes a la 5ª justa, como el que figura en la 4ª corchea de la mano izquierda en el c. 7 ó en el c. 11. Incluso elementos de simetría de cierta relevancia constructiva, pero relativamente puntuales, como los que aparecen en la mano izquierda entre las dos corcheas finales de la tala 1 y 2, y la 3 y 4, que realizan respectivamente un preconcebido movimiento contrario. Teniendo en cuenta éstas y otras muchas ausencias, sin embargo consideramos que los aspectos analizados resultan suficientes como para representar las estructuras básicas de esta sección y, a partir de ellas, acometer su modelización.

### 8.2.2 Modelización temático-formal: Programación de Composer

Antes de proceder a la presentación y comentario de la programación de Composer para la modelización de los 25 primeros compases del Estudio para piano Nº 8, *Fem*, de G. Ligeti, hemos de aclarar que el objetivo de esta modelización, como se deriva del análisis realizado, no es en modo alguno una reconstrucción literal de la obra, sino de la lógica estructural y constructiva de la misma, con el fin último de poner a prueba las posibilidades de DM-D y de la metodología *Designing Music*. Toda expresión musical suele apoyarse en estructuras organizativas recurrentes, por tanto modelizables. Sin embargo, a nivel microformal es común la presencia de irregularidades no recurrentes, cuya recreación puede complicar enormemente la programación<sup>41</sup>, además de suponer un esfuerzo, a nuestro juicio, de limitado interés. Es evidente que prescindiendo de detalles y recreando estructuras se genera una obra diferente, sin embargo reconocible en el original que recrea, cuya diferencia con aquél puede incluso resultar objeto de posteriores análisis y conclusiones. Desde esta perspectiva se acomete la modelización de la primera sección de *Fem*, cuya programación de Composer se presenta a continuación, junto a la pieza generada.

---

<sup>41</sup> Un ejemplo de este tipo de modelización es la realizada por H. Taube sobre el Estudio para piano Nº 1, *Desordre*, de G. Ligeti. Su programación reconstruye con exactitud la pieza, a costa de incluir extensas matrices con la información de cada intervalo de la obra (Taube, 2004: 276-292).



## CONFIGURACION

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Valor	25	210	12	8	0	0

## CALCULOS

TCAL	Expresión	Comentario
Fm	Se2 - F5n	<b>Forma</b>
Fb	(Se2==F5n)    (Se2==F4n)    (Se2==B3b)	<b>Forma:</b> 1 si la sec. de forma es Fa5 ó Fa4 ó Sib3.
Ca1	-1 * Fb * ((Sc+Pd)>14) * Sc / 5	<b>Dcha:</b> Deformación en 6 primeros compases al final motivo.
Ca2	(Pd > 3) * (Fb==0) * Os1 * 1.5	<b>Dcha:</b> Deformación en 2º bloque de 6 comp. no en el principio del motivo.
Ca3	(nrand(10)<4) * (Pd>3) * (Pd<8) * (Sc>10)	<b>Dcha:</b> Ausencia esporádica de la 5ª, hacia el final del motivo y del ciclo de 6 compases
Ca4	(Fb==0)*((Pd<4)  ((Pd>8))*(Sc>7))	<b>Dcha:</b> Movimiento contrario en la, sólo en el 2º bloque de 6 comp. al principio y final del motivo
Ca5	Fb * ((Sc+Pi)>15)*Os2	<b>Izda:</b> Deformación en 6 primeros compases al final motivo.
Ca6	(Fb==0)*((Pi<3)  ((Pi>7))* (Os1>1)*Os1*2	<b>Izda:</b> Deformación en el 2º bloque de 6 comp. al principio y final del motivo
Ca7	((Pi>1)*(Pi<5.5))  ((Pi>6)  ((Pi==0)*(Fb==0)))	<b>Izda:</b> Control de disparo de la 5ª
Adn	((Se2>F5n)  ((Se2==C5n)) * (nrand(20)>14) * (nrand(1)==1 ? -2:-14)	Nota de refuerzo, 2ª (-2) o 12ª (-14), aleatoria y solo en zonas de clímax

## GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clics	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad	Comentario
V.def.	2	1	0	1	0	12	25	0	12	1	80	64	0	30	
Sc				6						3	20	0			Periodo 6 cc.
Pd				1	144					3	10	0			Per. m. dcha
Pi				1	96					3	10	0			Per. m. izda
Os1	1			0	96 + nrand(48)						4	-4	2		Deform. 1
Os2				6							10	1			Deform. 2

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del periodo, 2 si se calcula al finalizar una nota.  
Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.

## GENERADORES DE SECUENCIAS

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua	Prioridad	Comentario
V.def.	1	0	1	0	0	1	0	4	25	0	1	0	0	0	60	
Se0	0	0									1 + Ca4	Fm+12+((Sc>14)* (2-Pd)*Fb)	Fm+12+Ca1			Mano dcha.
Se1	0	1										Fm + Ca6	Fm - Ca6			Mano izda.
Se2		2														Forma

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

## SALIDA

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
1		Se0 + Ca2	Se0u	Se0i		1. Nota principal Mano dcha.
1		Se0 + Ca2 -7	Se0u	Se0i*(Ca3==0)		2. Quinta Mano dcha.
1		Se0 + Ca2+Adn	Se0u	Se0i*(Adn!=0)		3. Refuerzo Mano dcha.
2		Se1 + Ca5	Se1u	Se1i		4. Nota principal Mano izda.
2		Se1 + Ca5 -7	Se1u	Se1i*Ca7		5. Quinta Mano izda.
2		Se1 + Ca5+Adn	Se1u	Se1i*(Adn!=0)		6. Refuerzo Mano izda.

Fig. 8 - (21). Hoja de programación de DM-D correspondiente a la recreación del Estudio para piano N°8, Fem, de G. Ligeti, que produce el archivo de salida representado en la figura 8-(22). (+Prog)

The musical score is written for piano in 12/8 time. It consists of seven systems, each with a treble and bass staff. The key signature is two flats (B-flat and E-flat). The notation is complex, featuring many accidentals (sharps, flats, naturals) and ties. Measure numbers 3, 5, 7, 9, 11, and 13 are indicated at the start of their respective systems. The score shows a progression of chords and melodic lines across the systems.

The image displays a musical score for piano, consisting of six systems of staves. Each system contains two staves (treble and bass clef). The music is written in a complex, atonal style, featuring dense chords, rapid melodic lines, and frequent use of accidentals (sharps, flats, and naturals). The notation includes many beamed notes and rests, suggesting a fast tempo. The key signature is not explicitly shown, but the presence of many accidentals indicates a non-traditional or atonal key. The measures are numbered 15, 17, 19, 21, 23, and 25 at the beginning of each system.

Fig. 8 - (22). Resultado musical generado por la programación mostrada en la figura 8-(21), recreando los 25 primeros compases del Estudio para piano N°8, Fem, de G. Ligeti. (+Audio)

Como corresponde a la metodología aplicada, la pieza generada que se presenta en la figura 8-(22) no se encuentra todavía sometida al proceso de armonización, el cual se expone en el punto 8.2.3. Respecto a la programación, ha sido realizada en base a las consideraciones analíticas sobre el Estudio recogidas en el punto 8.2.1, persiguiendo a su vez la mayor concisión posible en la misma. Veamos cómo se establece el vínculo entre estas consideraciones analíticas y la programación planteada. Para ello, se realiza un comentario de tales vínculos siguiendo el mismo orden y epígrafes empleados en el punto 8.2.1, junto a los extractos de la programación correspondientes:

**[A] Taleas y [B] Forma.** La información de las taleas de partida y del control formal se introduce en la programación a través del archivo de secuencias de Composer, que son empleadas posteriormente por los Generadores de Secuencias. Como se observa en la figura, el archivo contiene tres secuencias. Las dos primeras corresponden a las dos taleas básicas del Estudio, sin la quinta agregada, que se incorpora a través de la programación. La tercera secuencia es utilizada para ejecutar el control formal de la sección:

Secuencia 0:



Secuencia 1:



Secuencia 2:



Fig. 8 - (23). Secuencias XML empleadas para la programación de los Generadores de Secuencias de DM-D en la recreación del Estudio para piano N° 8 de G. Ligeti. Las dos primeras corresponden a las taleas de base del Estudio. La última se utiliza para el control formal.

Estas tres secuencias son tomadas por los tres generadores de secuencias empleados en la programación, declarados sucesivamente con el nombre *Se0*, *Se1* y *Se2*:

#### GENERADORES DE SECUENCIAS

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Sil fin
V.def.	1	0	1	0	0	1	0	4
Se0	0	0						
Se1	0	1						
Se2		2						

la inua	Prioridad	Comentario
	60	
		Mano dcha.
		Mano izda.
		Forma

Fig. 8 - (24). Declaración de los generadores *Generadores de Secuencias* en la recreación del Estudio para piano N° 8 de G. Ligeti y asociación con el número de secuencia correspondiente.

Respecto al control formal, éste es llevado a cabo a través de la secuencia *Se2*. No es empleada, por tanto, como elemento generador musical directo, sino como gráfica de control de otros generadores<sup>42</sup>. Por ello cuenta con una duración de 25 compases, exactamente el mismo número que el total generado. Y como puede apreciarse en la siguiente figura, mantiene una evolución paralela a la gráfica formal mostrada en la figura 8-(12). De esta manera, el valor generado por *Se2* es empleado para controlar, entre otros, el adecuado transporte de la sucesión de taleas generadas por *Se0* y *Se1*, la adición de una tercera nota de refuerzo en las zonas de clímax o la presencia de la quinta justa agregada en la mano izquierda:

<sup>42</sup> Durante la fase de desarrollo de Composer se valoró la posibilidad de agregar un módulo de elaboración de gráficos, con el objeto de ejercer funciones de control formal a partir de ellos, como existen en otros entornos de creación algorítmica. Sin embargo, se prescindió de él al tomar en cuenta que la propia escritura en pentagrama constituye una gráfica temporal en sí misma, constatando en la práctica la validez y facilidad de su empleo para funciones de control, como en este mismo ejemplo. Se consigue además así simplificar el *interface* visual de Composer, al controlar la generación musical desde la propia escritura musical, como una secuencia más.

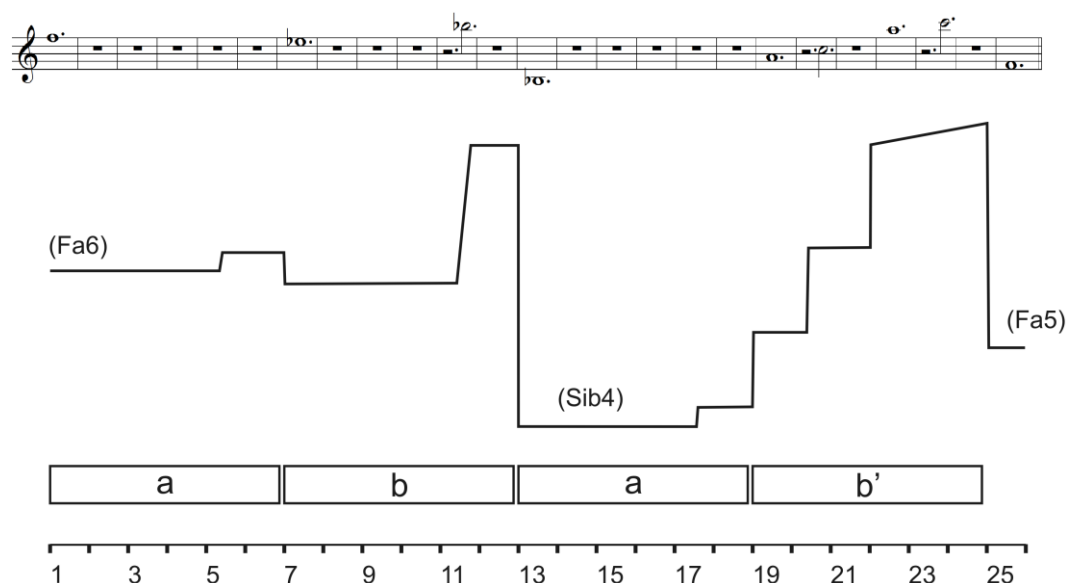


Fig. 8 - (25). Correspondencia de la secuencia n° 2 con la evolución formal de la primera sección del Estudio para piano N° 8 de G. Ligeti. Las notas representadas con texto en la gráfica indican la nota superior de la tallea, una octava por encima de la que aparece en la secuencia de control formal.

La programación incorpora dos funciones de cálculo auxiliares relacionadas con el control formal, *Fm* y *Fb*, a partir del generador *Se2*. *Fm* produce un valor de forma referenciado a 0, al sustraer a *Se2* el valor MIDI de Fa5 natural (ver Apéndice IV, punto 3.7). De esta manera, *Fm* vale 0 cuando la secuencia de forma *Se2* es Fa5 natural, adoptando en consecuencia un valor positivo si la nota es superior a Fa5 natural y negativo cuando es inferior.

CALCULOS		
TCAL	Expresión	Comentario
Fm	Se2 - F5n	<b>Forma</b>
Fb	(Se2==F5n)    (Se2==F4n)    (Se2==B3b)	<b>Forma:</b> 1 si la sec. de forma es Fa5 ó Fa4 ó Sib3.

Fig. 8 - (26). Declaración de las funciones de cálculo *Fm* y *Fb*, asociadas al control formal para la modelización del Estudio de G. Ligeti.

Respecto a  $Fb$ , se emplea para reconocer las secciones correspondientes al Bloque a, lo cual sucede, como puede verse en la gráfica previa, si la secuencia de forma,  $Se2$ , adopta el valor  $Fa5$  natural,  $Si3$  bemol ó  $Fa4$  natural. En estos casos  $Fb$  vale 1, si no, 0.

**[C] Bloques de 6 compases.** El generador de ondas continuas  $Sc$  discurre en un periodo de 6 compases. Junto con los parámetros previamente descritos,  $Fm$  y  $Fb$ , este generador es empleado por otros generadores para realizar el control formal de tales bloques:

GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS													
TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. ond: clics	acción . clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad	Comentario
V.def.	2	1	0	1	0		12	1	80	64	0	30	
Sc				6				3	20	0			Periodo 6 cc.

Fig. 8 - (27). Declaración del generador  $Sc$ , empleado para el control formal de bloques de 6 compases.

**[D] Transformación del motivo en Bloque a (mano derecha).** Esta transformación es controlada por la función de cálculo  $Ca1$  que, como se aprecia en la figura, afecta al transporte del límite inferior en la secuencia 0, correspondiente a la mano derecha. Al encontrarse multiplicado por  $Fb$ ,  $Ca1$  sólo se activa durante el Bloque a.

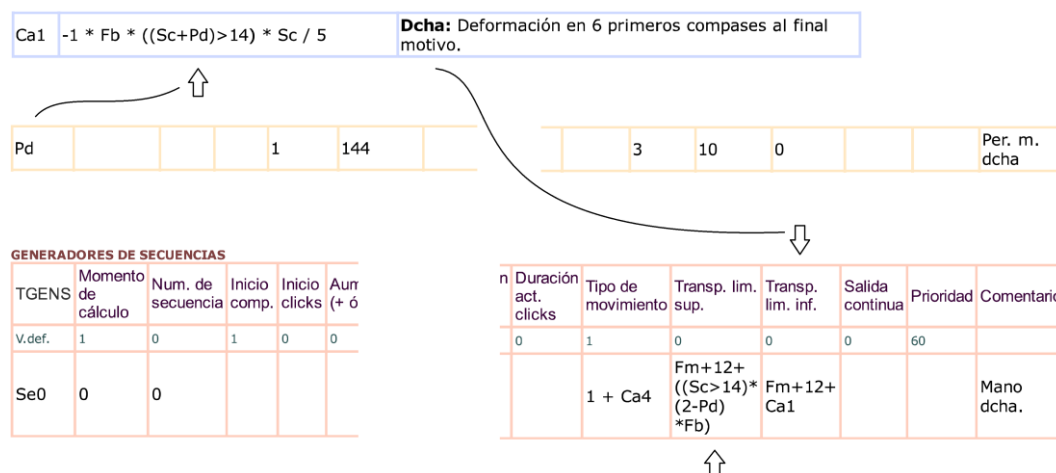


Fig. 8 - (28). Control de transformación de las taleas de la mano derecha durante el Bloque a.

*Ca1* opera también en función del oscilador *Pd*. Este oscilador discurre en un periodo de 1 compás y 144 clicks, es decir, 18 corcheas, que es la duración de la talea de la mano derecha. Su inclusión permite que *Ca1* se active sólo al final del periodo de la talea. Y la combinación con el oscilador *Sc* produce que este tiempo de activación en las sucesivas taleas resulte creciente a lo largo del Bloque a.

Como se observa en la figura, el transporte del límite superior en *Se0* también es manipulado cuando se acerca el final del Bloque a, lo que se expresa con la operación  $Sc > 14$ . Esta manipulación persigue una transformación descendente del límite superior en la última talea del Bloque a, tal y como ha sido descrita en el análisis.

Por último el transporte superior e inferior de *Se0*, que es el generador de toda la mano derecha de los 25 compases, se ve afectado por la expresión  $Fm + 12$ . *Fm* responde a la gráfica de forma mostrada en la figura 8-(25), a través de la secuencia *Se2*, con lo cual su acción en este caso es producir un transporte de las taleas generadas por *Se0* siguiendo dicha gráfica. Finalmente, para conseguir una completa adaptación a la tesitura exacta que aparece en el original del Estudio, se agregan 12 semitonos.

Como puede observarse, en todas las operaciones descritas y recogidas en la figura 8-(28), no se han empleado funciones aleatorias. Ello permite que la repetición del Bloque a, en los cc. 13 a 18, resulte una copia exacta de los cc. 1 a 6, tan sólo afectada por el transporte correspondiente, tal y como determina la secuencia de forma *Se2* a través del cálculo *Fm*.

**[E] Quinta justa agregada y ausencia esporádica (mano derecha) y**

**[F] Transformación en el transcurso del motivo en Bloque b (mano derecha).** La programación de ambos aspectos se encuentra muy relacionada, por lo que son comentados en combinación. Por un lado, la función de cálculo *Ca2* genera la irregularidad interválica de la mano derecha durante el Bloque b y b', devolviendo un valor comprendido entre +6 y -6 semitonos. Como se ve en su programación, la fuente de esta irregularidad es el oscilador *Os2*. Este oscilador sí incluye una función aleatoria en su periodo, *nrand(48)*, lo que produce que cada vez que se ejecuta *Composer* el resultado



para el Bloque b resulte diferente. Como se aprecia en la figura, la función *Ca2* es sumada directamente, en la primera fila de la Tabla de Salida, a la secuencia generatriz de la mano derecha, *Se2*.

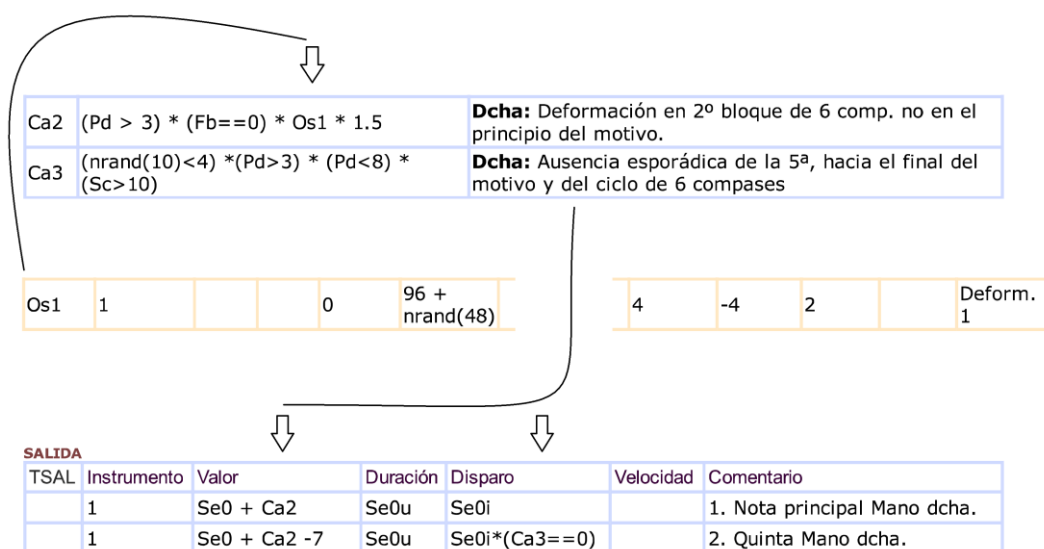


Fig. 8 - (29). Control de transformación de las taleas de la mano derecha durante el Bloque b y b', y de la presencia de quinta justa agregada.

La quinta justa agregada se genera a través de la segunda fila de la Tabla de Salida, simplemente tomando el mismo valor de la primera y sustrayendo 7 semitonos. Si bien, en este caso, el disparo se encuentra sometido al control de la función de cálculo *Ca3*, que es la que produce la ausencia esporádica de esta quinta justa si su valor es 1. Como se ve en su programación, la función *Ca3* es aleatoria y sólo se activa en la zona intermedia-final de aquellas taleas incluidas en los 3 últimos compases de cada bloque de 6.

**[G] Movimiento contrario en el motivo (mano derecha).** La programación de este proceso es sencillo, a través de la función de cálculo *Ca4*, que opera sobre el control de movimiento de la función generatriz de la mano derecha, *Se0*. Como se requiere desde el análisis y puede observarse en su programación, la función sólo se activa al final del Bloque b o b'.

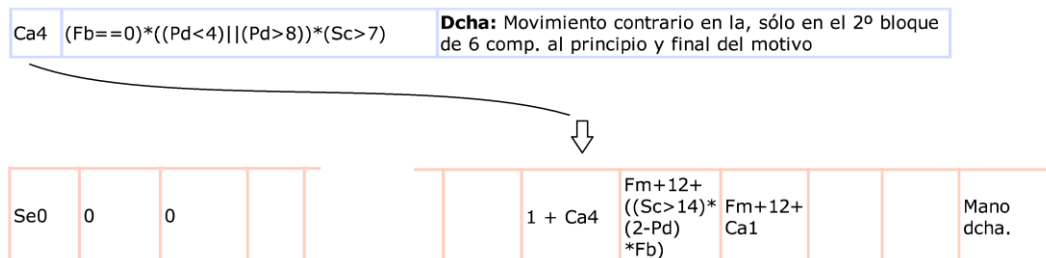


Fig. 8 - (30). Control del movimiento contrario en el Bloque b y b', mano derecha.

**[H] Nota de refuerzo en clímax (mano derecha).** La nota de refuerzo es producida directamente en la tercera fila de la Tabla de Salida, a partir de la secuencia generatriz de la mano derecha, *Se0*. La generación es controlada por la función de cálculo *Adn*. Su cometido es doble. Por un lado, determina si ha de crearse una nota o no, en función de que su valor difiera de 0, lo cual es aleatorio y sólo en las zonas de clímax, controlado en la programación desde la secuencia de forma, *Se2*. Por otro, determina aleatoriamente si la nota a agregar se encuentra a distancia de 2ª mayor o de 9ª mayor de la nota superior, devolviendo respectivamente el valor -2 (semitonos) o -14 (semitonos).

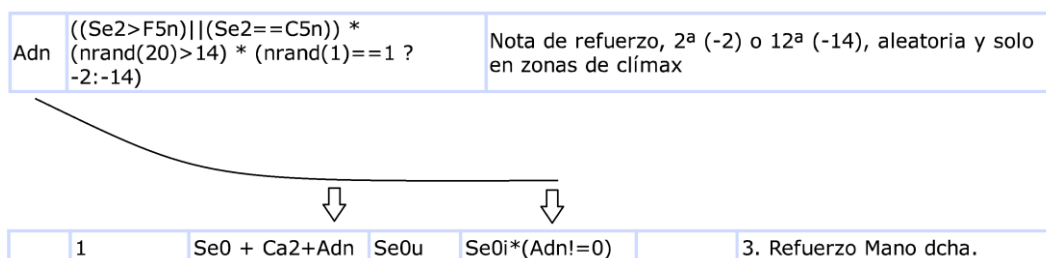


Fig. 8 - (31). Control de creación de la nota de refuerzo en las zonas de clímax, mano derecha.

**[I] Transformación del motivo en Bloque a (mano izquierda) y**

**[J] Transformación del motivo en Bloque b (mano izquierda).** Todo el contenido de la melodía superior en la mano izquierda es producido por el generador de secuencias *Se1*, a partir de la tala correspondiente. Su resultado es dirigido al archivo de salida a través de la fila 4 de la Tabla de Salida. Este resultado se encuentra condicionado por dos funciones de cálculo, *Ca5* y *Ca6*, que conforman las transformaciones al motivo durante el Bloque a y el Bloque b y b', respectivamente.

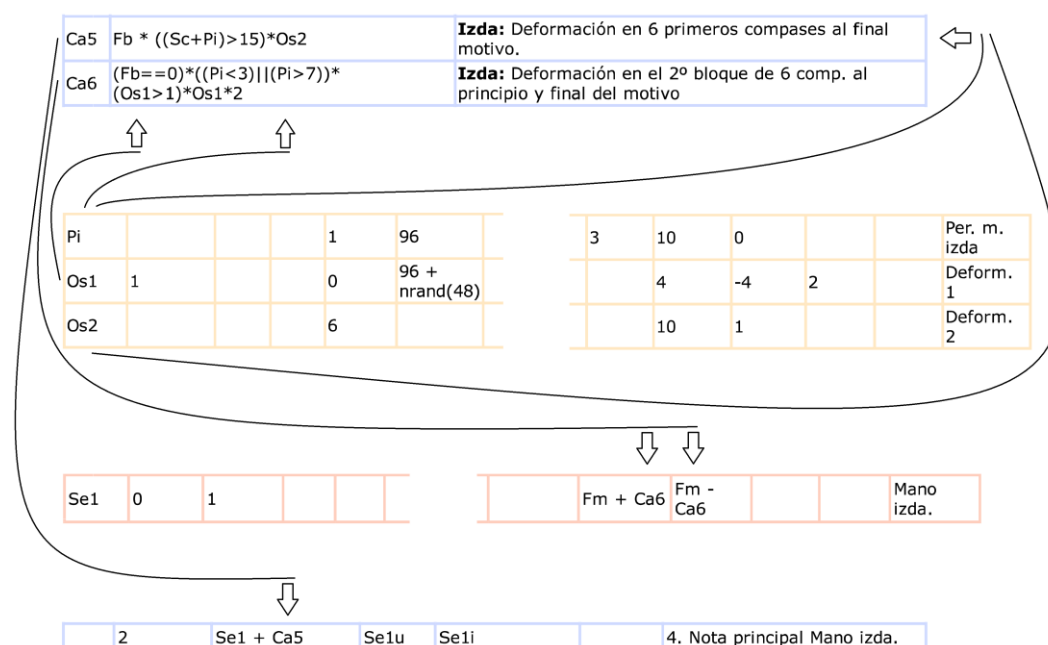


Fig. 8 - (32). Control de las transformaciones aplicadas a la tala de la mano izquierda.

Como se aprecia en la figura, *Ca5* opera directamente en la Tabla de Salida. En su expresión matemática se encuentra supeditado a los generadores *Sc*, *Pi* y *Os2*. *Sc* es el generador de periodo de 6 compases, comentado en el epígrafe [C], cuya inclusión aquí provoca que el efecto de *Ca5* resulte creciente a lo largo de ese periodo, no afectando a la primera tala. *Pi* es un oscilador que discurre en un periodo de 1 compás y 96 clicks, es decir, 16 corcheas, que es la duración de la tala de la mano izquierda. Su inclusión en

*Ca5* facilita que la transformación sólo se aplique al final de la talea. Y *Os2* es un generador senoidal que es el verdadero inductor de la transformación, devolviendo un valor entre 1 y 10 semitonos, que son los que se agregan al de la secuencia de la talea, *Se1*.

Respecto a *Ca6*, sólo resulta efectivo durante el Bloque *b* ó *b'*, a través de la función de cálculo *Fb*, que figura en su expresión matemática. Por medio del generador *Pi* se restringe también su efecto al principio y final de la talea. Y el multiplicador del generador *Os1* es el que induce el valor numérico que devuelve *Ca6*. Este valor cuenta con un cierto grado de aleatoriedad, ya que *Os1* incluye una función aleatoria en el control de su periodo. Finalmente, *Ca6* aporta su influencia a la talea a través de las casillas de *Transporte de Límite Superior e Inferior*, en la declaración de *Se1*. Como puede apreciarse, en la primera figura como adición y en la segunda como sustracción. Su efecto es, por tanto, ampliar el ámbito de la talea dilatando su interválica, como tiende a aparecer para este caso en el original de Ligeti. En estas casillas se introduce también el valor de forma *Fm*, lo que adapta la tesitura de la talea de la mano izquierda a la evolución formal, determinada por el generador *Se2* y la secuencia 2.

**[K] Quinta justa agregada y ausencia esporádica (mano izquierda).** La quinta justa agregada se implementa en la fila 5 de la Tabla de Salida, sustrayendo 7 semitonos al valor empleado para la melodía de la mano izquierda en la fila previa.

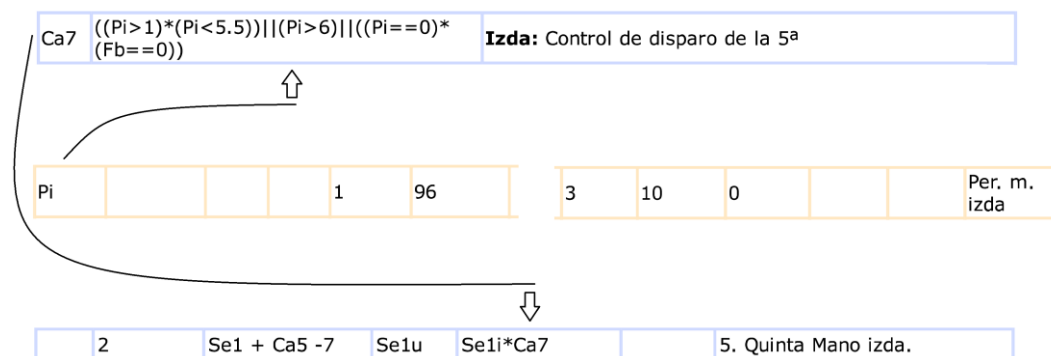


Fig. 8 - (33). Generación de la 5ª justa agregada en la mano izquierda y control de ausencia esporádica.

La función de cálculo *Ca7* controla la ausencia en la quinta agregada, a través de su efecto multiplicador en la casilla de disparo de la Tabla de Salida. Este control se ciñe a las características determinadas por el análisis y controladas desde generador *Pi*, cuyo periodo coincide con el de la talea. Haciendo uso de él, la expresión matemática establece la ausencia de la quinta en los puntos de la talea marcados como *x* en la figura 8-(19), así como en la primera nota de la talea durante el Bloque a.

[L] **Nota de refuerzo en clímax (mano izquierda).** Al igual que la mano derecha, en las zonas de clímax aparece también puntualmente en la mano izquierda una nota de refuerzo agregada a la melodía y la quinta. El sistema de generación de esta nota es exactamente igual que el empleado para la mano derecha, haciendo uso de la misma función de cálculo allí empleada, *Adn*. Remitimos, por ello, al comentario realizado para aquel caso, en el epígrafe [H]. Si bien, en esta ocasión dicho cálculo afecta, con una expresión matemática similar, en la fila 6 de la Tabla de Salida.

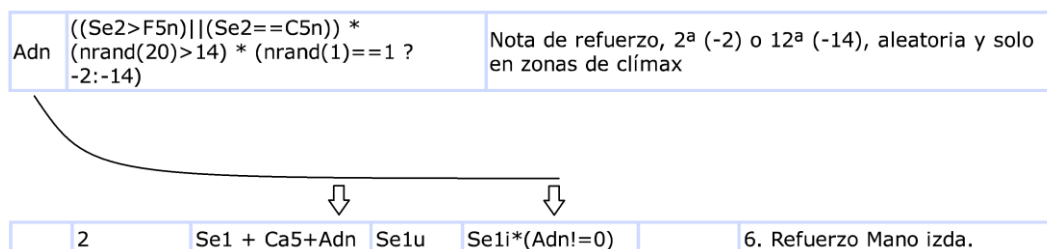


Fig. 8 - (34). Control de creación de la nota de refuerzo en las zonas de clímax, mano izquierda.

### 8.2.3 Aplicación del plano armónico: programación de Harmonizer

Tras la elaboración de toda la estructura temático-formal de los 25 primeros compases del Estudio para piano N°8, *Fem*, de G. Ligeti, se procede a la aplicación del plano armónico. En el epígrafe [M] se han expuesto los rasgos armónicos característicos de esta sección. Estos rasgos son recogidos en la Hoja de Programación Armónica de DM-D, que se muestra a continuación en la figura 8-(35).

Como puede observarse, el modo de programación no es acórdico, sino escalístico, apartándose completamente del empleado para la estética tonal en el ejemplo barroco previo. En primer lugar, en este caso no han sido utilizadas notas extrañas. Como contenido del pentagrama de notas extrañas figura exclusivamente una nota Do, en el c.1. La inclusión de esta nota se lleva a cabo porque DM-D requiere la existencia de al menos una nota en este pentagrama, en caso contrario generaría un error. Pero su efecto es nulo, pues todas las situaciones armónicas de notas reales indicadas en las escalas contienen un Do, que es por tanto la consideración que será aplicada a esta nota. Respecto a estas situaciones armónicas de notas reales, aparecen tres tipos:

- Escala cromática completa (cc.1-5, cc.11-17 y cc.19-25): su efecto es también nulo, pues significa que cualquier nota del archivo de entrada es válida como nota de la armonía. Se emplea precisamente para respetar el original sin alterarlo.
- Diatonismo de una escala diatónica de Do, con Fa# agregado (cc.6-11): tal y como se apreció en el análisis, durante esos compases se produce la adopción de dicho comportamiento armónico, que es el que aquí se aplica.
- Diatonismo de una escala diatónica de Do, con Sib agregado (cc.16-17): de la misma manera, y desde las conclusiones extraídas del análisis, durante esos compases es el comportamiento armónico que rige, siendo aquí aplicado.

The image displays a musical score for piano, consisting of five systems of staves. Each system includes a single treble clef staff and a grand staff (treble and bass clefs). The time signature is 12/8. The score is divided into measures, with measure numbers 6, 11, 16, and 21 indicated at the beginning of their respective systems. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and accidentals, representing the harmonic programming for DM-D. The first system (measures 1-5) shows a melody in the treble staff and a bass line in the grand staff. The second system (measures 6-10) continues the melody and bass line. The third system (measures 11-15) shows a more complex harmonic structure with multiple notes in the treble staff. The fourth system (measures 16-20) features a dense harmonic texture with many notes in the treble staff. The fifth system (measures 21-25) concludes the piece with a final chord in the treble staff and a sustained bass line in the grand staff.

Fig. 8 - (35). Programación armónica de DM-D para la recreación de los 25 primeros compases del Estudio para piano N° 8 de G. Ligeti. (+Prog)

En cuanto a las zonas en las que se respeta el original, a través de la utilización de la escala cromática completa, diferenciamos también dos situaciones:

- Bloque a, menos el último compás (cc. 1-5 y cc. 13-17). Como se observó desde el análisis, esta sección cuenta con ciertas características de diatonismo, incluso de modalismo. En la programación de Composer se han empleado directamente las taleas originales de Ligeti, las cuales experimentan limitadas transformaciones durante este Bloque a. Lógicamente, estas taleas originales contienen los rasgos de diatonismo mencionados, los cuales se mantienen en el resultado producido por Composer. Por ello no se ha considerado necesario aplicar un proceso de rearmonización posterior, conservando en consecuencia las características armónicas de la propia salida de Composer.
- Final del Bloque b y b' (cc. 1-12 y cc. 19-24). En estas zonas la tendencia es a la saturación cromática, con un resultado aparentemente atonal. Dado que son zonas programadas en Composer con funciones aleatorias, su resultado tiende a la atonalidad. Por ello, se ha respetado de nuevo tal atonalidad de origen.

Con todas estas premisas de programación, el resultado finalmente producido por Harmonizer es el que se muestra en la figura 8-(36), a continuación. Como puede apreciarse, en los compases programados con la escala cromática resulta idéntico al original sin armonizar, habiendo sido modificado en las restantes.

Puede observarse que el resultado difiere del original de Ligeti, pues el objetivo de este ejemplo no es reproducir las notas exactas, sino las estructuras. Por ello las alturas concretas pueden apartarse del original, especialmente durante el Bloque b y b'. Sin embargo, se reproducen los comportamientos estructurales, tal y como han sido reconocidos a través del análisis. Estos comportamientos pueden directamente reconocerse en la partitura de la recreación, así como por medio de la experiencia auditiva, la cual consideramos se acerca y evoca lo suficiente el original del autor. Evidentemente, sin las sutilezas y los detalles del mismo, pero sí con los principales elementos estructurales que la conforman.



A musical score for piano, consisting of six systems of two staves each (treble and bass clef). The music is written in 12/8 time and features a key signature of one flat (B-flat). The score includes measure numbers 1, 3, 5, 7, 9, 11, and 13 at the beginning of their respective systems. The notation includes various chords, single notes, and rests, with some measures containing triplets or beamed eighth notes. The piece concludes with a final measure in the sixth system.

The image displays a musical score for piano, consisting of six systems of staves. Each system contains a treble and a bass staff. The measures are numbered 15, 17, 19, 21, 23, and 25 at the beginning of each system. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and accidentals (sharps, flats, and double flats). The score is written in a style that suggests a modern or experimental composition, with a focus on harmonic structure and melodic lines. The key signature appears to be B-flat major or D-flat minor, and the time signature is not explicitly shown but likely 4/4 based on the phrasing.

Fig. 8 - (36). Resultado tras el proceso de programación armónica aplicado por DM-D a la entrada de la figura 8-(22), recreando los 25 primeros compases del Estudio para piano N°8, Fem, de G. Ligeti. (+Audio)

Finalmente y retornando a las ideas expuestas al principio del capítulo, estos dos ejemplos, las recreaciones del Preludio barroco y del Estudio de G. Ligeti, permiten evaluar la capacidad de DM-D como herramienta de modelado musical, junto a sus derivaciones analíticas. Sin considerar la mayor o menor calidad artística en su resultado final, la cual no se encuentra entre sus objetivos, conforman sin embargo un medio para poner a prueba la flexibilidad de DM-D, por un lado. Y por otro, para constatar la funcionalidad práctica, como sistema analítico, de la metodología de posposición de la dimensión armónica, en combinación con la citada técnica de modelado musical.

De acuerdo a esta metodología, la completa concentración sobre los procesos formal-tématicos, junto a la radical desatención que inicialmente se aplica a los pospuestos aspectos armónicos, supone una perspectiva escasamente contemplada, también como actitud analítica. Y muy especialmente cuando ésta se circunscribe a la música tonal. Es por ello que consideramos que Designing Music puede contribuir a estimular dicha actitud, la cual creemos cuenta con un claro potencial a explotar. Facilitando así una visión alternativa, aunque absolutamente complementaria, a la de las principales técnicas analíticas desarrolladas para la comprensión del hecho musical y la profundización sobre el mismo.



## 9 Aplicaciones Artísticas

---

En el capítulo precedente ha sido descrita la funcionalidad analítica de DM-D, aplicando la metodología que implementa, Designing Music. Sin embargo, como hemos tenido ya ocasión de exponer, el objetivo principal de ambos no es el análisis, sino la creación musical. En el capítulo 4 se formuló esta propuesta, a partir del estudio de la independencia entre el plano formal-temático y el armónico en las principales corrientes de vanguardia del siglo XX. Llega, pues, el momento de mostrar su aplicación práctica en el terreno que le es propio, la creación musical, sin la cual como metodología quedaría prácticamente relegada al ámbito de la especulación teórica.

Para ello, en el capítulo se ofrecen dos ejemplos extraídos de obras creadas por el autor de esta tesis, y estrenadas ambas en concierto público. El primero de ellos es el tercer movimiento de la obra *Tres Recitativos Andalusíes*, para electroacústica y violoncello, compuesta en el año 2010. El segundo, una sección de la obra *M-Obelisk Hoquetus*, para electroacústica y clarinete piccolo, creada en el año 2012. Aunque en los apartados correspondientes a cada una se ofrece información pormenorizada, deseamos resaltar previamente algunas consideraciones comunes a las dos.

La primera consideración es que ambas obras son fruto de una aplicación rigurosa de la metodología expuesta. Es decir, de una concepción absoluta de toda la trama temático-formal para, con posterioridad, definir y aplicar el color armónico. La única posible excepción a este proceso se presenta en la primera de las obras, los *Tres Recitativos Andalusíes*. En ella, la parte electroacústica en su totalidad fue creada a través de DM-D,

mediante la aplicación rigurosa del método. A partir de ella y con posterioridad, se compuso manualmente la parte de violoncello. Por ello esta parte de violoncello, que en realidad ejerce un papel casi acompañante a la electroacústica, constituiría la excepción a la metodología, pues se creó cuando ya se encontraba definida la estructura armónica. Respecto a la segunda obra, *M-Obelisk Hoquetus*, se ciñe por completo a la metodología, tanto en la parte electroacústica como en el clarinete piccolo que, como más adelante se describe, fueron elaboradas simultáneamente.

En segundo lugar, hemos de precisar que la inclusión de estos dos ejemplos se realiza estrictamente con tal carácter de ejemplo, con el único objetivo de ilustrar la aplicación práctica de la metodología estudiada. En ningún caso, como exposición de planteamientos creativos personales y, mucho menos, como medio de difusión de los mismos. En ese sentido, la inclusión de detalles sobre los diferentes aspectos relativos al proceso de composición se realiza para ofrecer una perspectiva que facilite la comprensión del ejemplo también en términos conceptuales, lo cual requiere proporcionar información acerca de los presupuestos estéticos implicados.

Y es que, aún apoyándose sobre un complejo soporte técnico, Designing Music supone, en último término, un planteamiento estético antes que un proceso técnico. Es ésta la razón que nos lleva, en estos ejemplos, a incidir más en la dimensión conceptual y estética que en la técnica. En el capítulo previo profundizamos, de forma premeditada, en los detalles técnicos desde una cierta intencionalidad pedagógica, con el objeto de ilustrar también la mecánica básica de operación de DM-D. Sin embargo, nuestro interés en esta ocasión es mostrar cómo la metodología Designing Music puede conducir los planteamientos artísticos, el cual es realmente su fin, facilitando en una primera fase concentrar la atención de manera exclusiva en la dimensión estructural de carácter formal-temático. También, y como se expone en el segundo ejemplo, elaborar propuestas armónicas específicas, en virtud de la plasticidad que proporciona la libre manipulación armónica de toda una trama temático-formal completamente predefinida. Por ello, y aunque se muestra todo el proceso creativo, se incide en menor medida en lo relativo a detalles técnicos, especialmente los de programación, en aras de la concisión y concentración sobre dicha dimensión metodológica y estética.

## 9.1 Tres Recitativos Andalusíes, Hammam

Se trata de una obra compuesta en el año 2010, originalmente para Salterio de Arco y Electroacústica. La obra fue estrenada el 30 de junio de 2010, en el auditorio del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, dentro del ciclo de conciertos adscritos a las XVII Jornadas de Informática y Electrónica Musical organizadas por el Centro para la Difusión de la Música Contemporánea del Ministerio de Cultura. Una segunda versión, para Violoncello y Electroacústica, que es a la que aquí nos referiremos, fue estrenada en el auditorio del Conservatorio Arturo Soria, dentro del I Encuentro de Composición Algorítmica de Madrid, el 19 de octubre de 2013.

La obra consta de tres movimientos de inspiración árabe-andalusí, titulados respectivamente *Jerez*, *Jmaa El'Fna* y *Hammam*. En los tres movimientos el instrumento solista desarrolla una línea melódica de carácter mayoritariamente cantáble, aunque irregular, siguiendo el trazo de un recitativo vocal. Emplearemos como ejemplo el tercer movimiento, *Hammam*<sup>43</sup>, el cual fue compuesto durante el mes de abril de 2013, durante una estancia en la ciudad de Marrakech, y se basa en la experiencia sonora de un hamam marroquí, la cual es evocada por la parte electroacústica, elaborada por completo a través de DM-D.

Toda la organización estructural del movimiento es soportado por la parte electroacústica. Esta estructura se basa en la recreación de efectos sonoros del interior del hamam, en concreto:

- Golpes de cubos contra el suelo
- Llenado de cubos de agua
- Vaciado de cazos de agua por el cuerpo
- Agua corriendo por el suelo

---

<sup>43</sup> La versión de violoncello fue estrenada y grabada por el cellista Juan Enrique Sainz. La grabación del tercer movimiento, al que nos referimos, fue emitida dentro del programa *Los Clásicos* de Radio Clásica el 5 de febrero de 2015. (+Audio)

El efecto de agua corriendo por el suelo se representa a través de un ostinato permanente, mientras que el resto de efectos lo constituyen eventos sonoros ocasionales. Junto a ellos figura una cita, también ocasional, al motivo principal del tema de Jerez, de la Suite Iberia de Isaac Albéniz. El germen melódico de estos efectos, excepto el agua corriendo por el suelo, se encuentra en el archivo de secuencias de DM-D que se reproduce a continuación.

Fig. 9 - (1). Archivo de secuencias XML para la programación de Hammam a través de DM-D. Contiene cuatro elementos motivicos diferentes, más un quinto cuyo objeto es el control formal. (+Prog)

La inclusión del motivo de Jerez se realiza como referencia cíclica al primer movimiento de los *Tres Recitativos*, en el que dicho motivo es elemento estructural, si bien en éste su aparición resulta mucho más puntual. Apoyándose en los motivos representados en la figura, se muestra a continuación la programación de Composer para la generación de Hammam. Como corresponde a la metodología aplicada, no existe en esta programación ningún tipo de control armónico, sino exclusivamente temático y formal.



## CONFIGURACION

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Valor	160	120	4	4	0	0

## CALCULOS

TCAL	Expresión	Comentario
Fct	FormSeq-60	General Form Control (only transport, by now)
WBckPctr	1+nrnd(2)	Water Background Period and amplitude control
BuckShTr	-1 * nrnd(7)	Bucket Shock Transport
CFBAux	nrnd(20)	Auxiliary for Control Filling Buckets
Form	itp(c4n,0,e5n,1,FormSeq)	Form Control for JerSec. Changes from 0 (for C4n) to 1 (for E5n)
JerSecSnote	1 + ((nrnd(10)>8) * 6)	Starting note, 1 or 7, randomly
JerSecNRe	(JerSecSnote==1) * (nrnd(10)>8) * 5	Notes removed at the end, in JerSec, 0 or 5. Never if reduction in Starting note
JerSecRest	(( (JerSecSnote>1)    (JerSecNRe>0)) ? 0 : 4 + (2 * int( (nrnd(8) / (Form + 0.1)))) )	Final Rest for JerSec. 0 if any note reduction in JerSec, random otherwise, although decreasing with Form. Always multiple of 2
JerSecAum	3 + li( int(Form*10) , 1) + lv(0,6) + lv(1,6) + lv(2,6) + lv(3,6) + lv(4,6) + lv(5,6) + lv(6,3) + lv(7,3) + lv(7,3) + lv(9,0) + lv(10,0)	Aumentation in JerSec. Output values: 9, 6, 3, according to Form
JerSecTr	-5 + (Form * 14)	JerSec Transposing, depending on Form
JerSecVel	20 + ((JerSec-JerSecTr-64) * 3.5) + (Form * 75)	JerSec Velocity, depending on Form and Motiv profile

## GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clics	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad	Comentario
V.def.	2	1	0	1	0	12	999	0	12	1	80	64	0	30	
FilBuckCtr	1			(CFBAux>17 ? 10 : 1)	nrnd(24)					3	(CFBAux>17 ? 80 : -30)	-50	1		Controls Filling Buckets. Only occasionally, if Random max. value > -20
SmallBCTR	1			3	nrnd(192)						(nrnd(20)>9 ? 30 : -1)	-2			Controls Small Buckets triggering
WaterBck1	1			0	12 + (WBckPctr*2)					5	62 + (WBckPctr*2)	60 + nrnd(2)			Water Background. Changes its period and amplitude.
WaterBck2	1		4	0	12 + (WBckPctr*2)					5	62 + (WBckPctr*2)	60 + nrnd(2)			
WaterBck3	1		8	0	12 + (WBckPctr*2)					5	62 + (WBckPctr*2)	60 + nrnd(2)			
WaterBckV	1			3+nrnd(3)	nrnd(80)						60	30			Velocity Control for Background Water.
BuckShCtr	1			0	120+nrnd(90)					2	nrnd(10)	0			Controls Triggering of Bucket Shock
AuxJSStart	1			0	48	24			24	2	Form	Form			Discretizes Form for each quarter note. Used for JerSec starting at begginig of a quarter.

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del periodo, 2 si se calcula al finalizar una nota.

Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.

## GENERADORES DE SECUENCIAS

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua	Prioridad	Comentario
V.def.	1	0	1	0	0	1	0	4	999	0	1	0	0	0	60	
FilBuck1		(FilBuckCtr>-20 ? 1 : -1)			nrnd(1) * (FilBuckCtr < 20)			0				nrnd(3) + (FilBuckCtr/3)	(nrnd(2) * -1) + (FilBuckCtr/4)			
FilBuck2		(FilBuckCtr>-18 ? 1 : -1)			nrnd(1) * (FilBuckCtr < 25)			0				nrnd(3) + (FilBuckCtr/3)	(nrnd(2) * -1) + (FilBuckCtr/4)			
FilBuck3		(FilBuckCtr>-16 ? 1 : -1)			nrnd(1) * (FilBuckCtr < 30)			0				nrnd(3) + (FilBuckCtr/3)	(nrnd(2) * -1) + (FilBuckCtr/4)			
FilBuck4		(FilBuckCtr>-14 ? 1 : -1)			nrnd(1) * (FilBuckCtr < 35)			0				nrnd(3) + (FilBuckCtr/3)	(nrnd(2) * -1) + (FilBuckCtr/4)			
BuckSh		(BuckShCtr > 7 ? 0 : -1)			(BuckShTr + 3) * (-1)							BuckShTr + Fct	BuckShTr + Fct			Bucket Shock
SmallB		(SmallBCTR>20 ? 2:-1)			nrnd(3)/10			2+nrnd(15)			1+nrnd(1)	(SmallBCTR/9) + nrnd(4) - 3	(SmallBCTR/9) - nrnd(6)			Small Buckets
JerSec		(AuxJSStart > 0.5 ? 3:-1)			JerSecAum	JerSecSnote	JerSecNRe	JerSecRest			1 + nrnd(3)	JerSecTr	JerSecTr			JerSec Motiv, very transformed, basically augmented
FormSeq		4			600									1		

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

**SALIDA**

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
1		Fct + FilBuck1	FilBuck1u	FilBuck1i		
2		Fct + FilBuck2	FilBuck2u	FilBuck2i		
3		Fct + FilBuck3	FilBuck3u	FilBuck3i		
4		Fct + FilBuck4	FilBuck4u	FilBuck4i		
5		WaterBck1 - Fct + 5	WaterBck1u	WaterBck1i	WaterBckV	
6		WaterBck2 - Fct + 5	WaterBck2u	WaterBck2i	WaterBckV	
7		WaterBck3 - Fct + 5	WaterBck3u	WaterBck3i	WaterBckV	
8		BuckSh - 24	BuckShu	BuckShi	itp(144, 127, 12,50, BuckShu)	
9		Fct + SmallB - 4	SmallBu	SmallBi		
11		JerSec	JerSecu	JerSeci	JerSecVel	
11		JerSec - 4 - nrand(3)	JerSecu	JerSeci	JerSecVel	

Fig. 9 - (2). Archivo de programación de Composer para la generación de Hammam. Durante el proceso de composición los comentarios fueron realizados en idioma inglés. Se ha respetado su formato original, al encontrarse en concordancia con los nombres asignados a los diferentes generadores. (+Prog)

### 9.1.1 Plano temático 1: Llenado de cubo de agua

Veamos cómo se encuentra organizada ésta programación para producir y proporcionar estructura sobre los diferentes planos temáticos mencionados. En primer lugar nos detenemos sobre el llenado de cubos de agua. La característica sonora de un cubo llenándose procede de dos factores. Por un lado el borboteo de agua en su interior al caer desde un grifo en altura. Por otro, el aumento de la frecuencia de resonancia de la cavidad del cubo, al disminuir progresivamente el volumen de aire de éste según se incrementa la cantidad de agua que contiene.

Algorítmicamente se busca la recreación de este efecto a partir de una polifonía de 4 voces basada en la célula de un arpeggio de tresillo repetido, tomado del segundo motivo del archivo de secuencias XML que se muestra en la figura 9-(1). Las voces inician su andadura asincrónicamente, de manera secuencial, empezando por un registro grave y trasladándose hacia el agudo. La polifonía asíncrona de las figuras de tresillo recrea el borboteo del agua, mientras el desplazamiento progresivo hacia el agudo trata de emular la elevación de la frecuencia de resonancia del cubo. En la parte inicial grave de cada voz ha sido programada una aumentación de la célula que puede aparecer aleatoriamente, para reforzar el asincronismo y la sensación de un borboteo más lento que en la parte aguda.

La figura a continuación muestra el efecto generado por Composer en los compases 14 a 22 de la pieza sin armonizar.

Fig. 9 - (3). Resultado musical de la programación del efecto de llenado de cubo de agua. Extracto de los compases 14 a 20 de Hammam. (+Audio)

Respecto a la programación, comentaremos sus rasgos más relevantes. Las cuatro voces son producidas por los cuatro primeros generadores de secuencias, *FillBuck1*, 2, 3 y 4 respectivamente, que toman su origen del segundo motivo del archivo de secuencias

XML, en este caso el tresillo arpegiado. El *arranque* de un llenado de cubo de agua es controlado desde el generador de ondas continuas *FllBuckCtr*. Se trata de un generador con diferentes aleatoriedades programadas en su configuración, cuyo efecto final es que cada vez que se ejecuta Composer el reparto de procesos de llenado de cubo de agua a lo largo de la estructura formal resulte diferente de una ejecución a otra. Este generador es también empleado para controlar la dilatación del ámbito del tresillo a través de las casillas de *Trasporte de límite superior e inferior* de los generadores. Como se aprecia en la figura 9-(3), la dilatación es irregular debido a las aleatoriedades que también contiene esta programación, y además creciente según se desplaza el ámbito total hacia el agudo. Por último, cada una de las cuatro voces se incorpora a la Tabla de Salida en los instrumentos 1 a 4. En todos ellos puede observarse, en la figura 9-(2), la presencia de un elemento sumatorio, *FCt*, que responde a un factor de control formal procedente de la última secuencia del archivo de secuencias XML, que es la que lleva a cabo dicha función.

### 9.1.2 Plano temático 2: Agua corriendo por el suelo

El plano temático de agua corriendo por el suelo es recreado a través de una polifonía de tres voces que ejecutan un movimiento de semicorcheas oscilante, continuo y asincrónico en un ámbito reducido de en torno a una quinta. Este movimiento rápido, caracterizado por tal asincronía rítmica y los frecuentes choques de disonancias procedentes de las interválicas reducidas que surgen entre las distintas voces, trata de evocar el inquieto rumor de un pequeño reguero de agua corriendo. La figura 9-(4) muestra los tres primeros compases de esta polifonía, que se encuentra presente como murmullo durante toda la pieza.

La generación algorítmica de las tres voces corre a cabo de tres generadores de ondas continuas, denominados *WaterBck1*, 2 y 3. Como se observa en la programación, el inicio de actividad de unos respecto a otros es secuencial, garantizando la asincronía entre las notas que generan. Estos generadores contienen diversos parámetros aleatorios para el control de la amplitud y el periodo de la ondas que producen, proporcionando una cierta imprevisibilidad que trata de reproducir la irregularidad sonora de un reguero de agua.

La asignación al archivo de salida se produce a través de los instrumentos 5, 6 y 7 de la Tabla de Salida. Como se aprecia, de nuevo el factor de control formal  $FCt$ , comentado en el punto 9.1.1, modifica la altura de este plano temático en función de la forma, en este caso conduciéndolo hacia un registro más grave en la zona del punto culminante. La velocidad<sup>44</sup> de las notas también es controlada en esta ocasión por un generador senoidal de ondas continuas, *WaterBckV*. La oscilación periódica, con componentes aleatorias, de la intensidad del sonido que proporciona contribuye a reforzar el efecto de murmullo, recreando las variaciones de dicha intensidad que le son características.



Fig. 9 - (4). Recreación del murmullo de agua corriendo por el suelo, a partir de la programación de Composer. Extracto de los tres primeros compases de Hammam. (+Audio)

<sup>44</sup> La *velocidad* es un parámetro del protocolo MIDI asociado a la intensidad del sonido. Su edición permite la manipulación de la intensidad sonora de cada nota.

### 9.1.3 Restantes planos temáticos. Control formal

A diferencia de los anteriormente descritos, los restantes planos temáticos no se apoyan en un desarrollo polifónico, con la salvedad del motivo de Jerez, que agrega una voz homorrítmica.

En la partitura general sin armonizar, que se muestra en el punto 9.1.4, pueden observarse los pentagramas correspondientes al plano de golpes de cubo de agua contra el suelo y al de vaciado de cazos de agua por el cuerpo. Como se aprecia, los motivos aparecen con ligeras modificaciones respecto a los originales establecidos en el archivo de secuencias XML. Estas consisten básicamente en aumentación y transporte aleatorios. En el caso de los golpes de cubo de agua contra el suelo el transporte se ve también afectado por el control formal, a través del parámetro *FCt*. En el de vaciado de cazos de agua por el cuerpo, el motivo puede aparecer aleatoriamente por movimiento contrario, así como con su ámbito dilatado. La distribución de ambos motivos a lo largo de la estructura se produce a partir de un proceso aleatorio, de igual manera que ocurre con el llenado de cubos de agua.

Respecto al motivo de Jerez, experimenta mayores transformaciones. Por un lado, puede acontecer con notas eliminadas aleatoriamente al principio y al final del motivo, así como con cualquiera de los cuatro posibles tipos de movimiento (directo, contrario, retrógrado, o contrario y retrógrado). Por otro, experimenta un proceso de aumentación rítmica condicionado inversamente al control formal, de manera que en el punto culminante tal aumentación es doble, mientras que cuando se aleja de él los valores de las figuras pueden verse triplicados o hasta cuadruplicados. La razón estética para esta aumentación es la introducción lenta del motivo, que surge posteriormente y con mayor nitidez en el punto culminante para diluirse de nuevo lentamente, ejerciendo esa función de cita con carácter cíclico respecto al primer movimiento de la obra. El transporte sigue también el control formal, viéndose desplazado hacia el agudo en función de éste. La voz homorrítmica es incorporada en la Tabla de Salida, en la segunda fila del instrumento 11, pudiendo variar aleatoriamente entre una 3ª mayor y una 5ª justa.

En cuanto al control formal, se realiza desde los 10 compases de la última de las secuencias del archivo de secuencias XML, la cual es recogida por el generador de

secuencias *FormSeq*. Como puede observarse en su programación, experimenta una aumentación de 600 pulsos, lo que provoca que los 10 compases se vean aumentados hasta 160, el total de los que componen el movimiento. De esta manera, a partir de esos diez compases se controla la pieza completa. El generador *FormSeq* alimenta otros parámetros de control formal, como el cálculo *FCt*, que ha sido mencionado previamente.

Como contenido de esta secuencia de control de forma, que se muestra en la figura 9-(1), puede apreciarse la presencia de la nota  $Do_4$ , en el primer y último compás, y la nota  $Mi_5$  en el sexto compás. Esta nota  $Mi_5$  corresponde al punto culminante mientras que  $Do_4$  representa los momentos de mayor relajación. El efecto de estas notas se ve transformado por la activación de la casilla *Salida continua* en la programación del generador *FormSeq*. Si no se encontrase activada, el generador ofrecería una salida  $Do_4$  durante los cinco primeros compases para cambiar abruptamente a  $Mi_5$  en el sexto. Al estar activada, genera en su salida una línea progresiva desde  $Do_4$  hasta  $Mi_5$ , para regresar también progresivamente al  $Do_4$  del último compás. La opción de *Salida continua* resulta especialmente útil como herramienta de control, al producir curvas continuas a partir de secuencias con unas pocas notas, como en este caso.

Finalmente, tal y como ha sido descrito, la programación contiene numerosos factores aleatorios, muchos afectando a aspectos formales. La consecuencia de ello es que, cada vez que se realiza una ejecución de Composer a partir de esta programación, la pieza generada resulta relativamente diferente, en función de la aleatoriedad. Durante el proceso de composición, y una vez concluida la programación, se llevaron a cabo decenas, quizás incluso cientos, de ejecuciones de Composer hasta seleccionar una que consideramos estéticamente equilibrada de acuerdo a nuestras intenciones creativas, en la que los diferentes planos temáticos que surgen aleatoriamente se encontrasen en un equilibrio contrapuntístico y formal acorde a nuestros fines. La versión seleccionada es la que se presenta seguidamente en partitura, sin haber sido todavía sometida a ningún proceso de armonización.

#### 9.1.4 Partitura de la pieza sin armonizar

Se muestra a continuación la partitura de la parte electroacústica de *Hammam*, previa al proceso de armonización. Por tanto en estado, pudiéramos decir, todavía *atonal*. Se incluye la partitura completa, con el objeto de ofrecer una perspectiva global de la evolución formal y temática, y a modo de ejemplo de las posibilidades generadoras de Composer a partir de una programación compacta, como la descrita en los puntos previos. Se adjunta el correspondiente archivo de audio, ejecutado con un sonido básico de piano, pues los timbres finales sólo se configuraron en la versión final armonizada.

The musical score is presented in two systems. The first system includes staves for 'Llenado de cubo de agua' (four staves), 'Agua corriendo por el suelo' (two staves), 'Golpes de cubo contra el suelo' (one staff), 'Vaciado de cazos de agua por el cuerpo' (two staves), and 'Motivo de Jerez' (one staff). The second system includes staves for 'LI C A' (three staves), 'A C S' (two staves), 'GCS' (one staff), 'V C A' (two staves), and 'MJ' (one staff). The notation is complex, featuring various rhythmic patterns, accidentals, and dynamic markings. The score is written in a 4/4 time signature.



This musical score is divided into three systems, each corresponding to a measure number (6, 9, and 12) indicated at the beginning of the first staff in each system. The instruments are arranged vertically as follows:

- LI C A:** Flute 1, Clarinet, and Alto Saxophone.
- A C S:** Alto Saxophone, Clarinet, and Saxophone.
- GCS:** Guitar, Clarinet, and Saxophone.
- V C A:** Violin, Clarinet, and Alto Saxophone.
- MJ:** Musician (likely a double bass or similar low instrument).

The score is written in a key signature of one flat (B-flat) and a common time signature (C). The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and dynamic markings. The first system (measure 6) shows a complex melodic line for the LI C A section, with the A C S section providing a rhythmic accompaniment. The GCS section has a melodic line, while the V C A and MJ sections are mostly silent. The second system (measure 9) continues the melodic development, with the LI C A section playing a more active role. The A C S section continues its rhythmic accompaniment. The GCS section has a melodic line, while the V C A and MJ sections are mostly silent. The third system (measure 12) shows a continuation of the melodic line for the LI C A section, with the A C S section providing a rhythmic accompaniment. The GCS section has a melodic line, while the V C A and MJ sections are mostly silent.

The musical score is presented in three systems, each beginning at a specific measure number (15, 18, and 21). The notation is complex, featuring numerous accidentals and fingerings across multiple staves. The instruments listed on the left are LI, C, A, GCS, V, C, A, and MJ. The score is written in a style that suggests a high level of technical difficulty, with many notes and accidentals.

24

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

27

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

30

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

The musical score is divided into three systems, each covering a range of measures. The instruments and parts are labeled on the left of each system:

- System 1 (Measures 33-35):**
  - LI C A:** Three staves (Lute, Cello, Alto) with complex melodic lines and fingerings (e.g., 5, 6, 7).
  - A C S:** Two staves (Acoustic Guitar, Saxophone) with dense, rhythmic patterns and fingerings (e.g., 12).
  - GCS:** Bass line.
  - V C A:** Vocal parts (Voice, Cello, Alto).
  - MJ:** Mellophone/Jazz line.
- System 2 (Measures 36-38):**
  - LI C A:** Continues with complex melodic lines and fingerings.
  - A C S:** Continues with dense, rhythmic patterns and fingerings.
  - GCS:** Bass line with some melodic movement.
  - V C A:** Vocal parts with some melodic movement.
  - MJ:** Mellophone/Jazz line.
- System 3 (Measures 39-41):**
  - LI C A:** Continues with complex melodic lines and fingerings.
  - A C S:** Continues with dense, rhythmic patterns and fingerings.
  - GCS:** Bass line with some melodic movement.
  - V C A:** Vocal parts with some melodic movement.
  - MJ:** Mellophone/Jazz line.

The score is written in a complex, modern style with many accidentals and fingerings, suggesting a high level of technical difficulty.

42

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

45

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

48

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

The musical score is divided into three systems, each containing six staves. The staves are labeled on the left as LI, C, A, A, C, S, GCS, V, C, A, and MJ. The first system (measures 42-44) shows the beginning of a piece with various musical notations, including rests, notes, and accidentals. The second system (measures 45-47) continues the piece with more complex notation, including triplets and sixteenth notes. The third system (measures 48-50) concludes the piece with a final cadence. The notation is in a standard musical format with a key signature of one flat and a common time signature.

51

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

54

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

57

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

This musical score is for a string quartet, consisting of Violin I (LI), Violin II (LC), Viola (A), and Cello/Double Bass (S). The score is divided into three systems, each containing measures 60-62, 63-65, and 66-68. The key signature has one flat (B-flat), and the time signature is 4/4. The Violin parts feature melodic lines with various ornaments and slurs. The Viola and Cello/Double Bass parts provide harmonic support with sustained notes and rhythmic patterns. The score includes measure numbers (60, 63, 66) and rehearsal marks. The notation is in standard musical notation with treble and bass clefs.



69

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

72

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

75

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

The musical score is presented in three systems, each corresponding to a measure number (69, 72, and 75). Each system contains ten staves, labeled on the left as LI, C, A, A, C, S, GCS, V, C, A, and MJ. The notation is complex, featuring a variety of note values, rests, and dynamic markings. The first system (69) shows a dense arrangement of notes across the staves. The second system (72) continues this pattern with some variations in note placement. The third system (75) introduces more prominent rests and longer note durations, particularly in the lower staves. The overall structure suggests a highly organized and possibly algorithmic composition.



78

LI C A

A C S

GCS

V C A

MJ

81

LI C A

A C S

GCS

V C A

MJ

84

LI C A

A C S

GCS

V C A

MJ

Detailed description: This musical score page contains measures 78 through 84. It is organized into five systems of staves. The first system (measures 78-80) includes staves for LI C A (three staves), A C S (two staves), GCS (one staff), V C A (two staves), and MJ (one staff). The second system (measures 81-83) follows the same layout. The third system (measures 84-86) shows the LI C A and V C A staves as rests, while the A C S, GCS, and MJ staves continue with musical notation. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and dynamic markings.

87

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

90

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

93

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

The musical score is presented in three systems, each corresponding to measures 87-89, 90-92, and 93-95. Each system contains ten staves. The first three staves (LI, C, A) are for vocal parts and are mostly empty, with some notes in measure 93. The next four staves (A, C, S, GCS) are for instrumental parts, featuring complex rhythmic patterns and accidentals. The final three staves (V, C, A, MJ) are for additional parts, with the MJ staff showing a more active melodic line. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, accidentals, and dynamic markings.

96

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

99

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

102

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

105

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

108

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

111

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

The musical score is presented in three systems, each corresponding to a measure number (105, 108, and 111). Each system contains six staves. The top two staves are labeled 'LI C A' and 'A C S'. The third staff is labeled 'GCS'. The fourth staff is labeled 'V C A'. The fifth staff is labeled 'MJ'. The staves contain musical notation, including notes, rests, and various musical symbols such as triplets and slurs. The notation is complex, with many notes beamed together and various accidentals. The overall style is that of a contemporary or experimental musical score.

114

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

117

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

120

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

123

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

126

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

129

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

132

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

135

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

138

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

The musical score is divided into three systems, each containing six staves. The staves are labeled on the left as LI, C, A, A, C, S, GCS, V, C, A, and MJ. The first system (measures 132-134) shows a complex arrangement with many notes and rests. The second system (measures 135-137) continues the composition with various musical notations, including triplets and sixteenth notes. The third system (measures 138-140) concludes the section with a final cadence. The score is written in a key with one flat and a 4/4 time signature.



141

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

144

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

147

LI  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

The musical score is presented in three systems, each corresponding to measures 141-143, 144-146, and 147-149. Each system contains ten staves. The first three staves (LI, C, A) are for vocal parts. The next four staves (A, C, S, GCS) are for instrumental parts. The final three staves (V, C, A, MJ) are for additional instrumental parts. The notation includes various musical symbols such as notes, rests, and dynamic markings. The key signature is one flat (B-flat).



150

L  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

153

L  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

156

L  
C  
A

A  
C  
S

GCS

V  
C  
A

MJ

The image shows a musical score for the electroacoustic part of the piece 'Hammam'. It consists of nine staves, each labeled with a letter: LI, C, A, A, C, S, GCS, V, C, A, and MJ. The score is written in a complex, non-standard notation with many accidentals (sharps, flats, naturals) and dynamic markings (e.g., '12', '11', '6', '5', '3', '7'). The notation is dense and appears to be a form of musical shorthand or a specific notation system used by the composer.

Fig. 9 - (5). Partitura de la parte electroacústica de *Hammam*, previa al proceso de armonización. (+Audio)

### 9.1.5 Proceso de armonización

La estructura temático-formal de la parte electroacústica de *Hammam* fue concebida para recrear la experiencia sensorial que puede producirse en un baño árabe. También el sentido temporal, el cual suele tender al estatismo como fruto de la relajación del propio baño y del ambiente que reina en el hammam. Por ello, como se observa en la partitura y en la propia audición, la estética musical escogida es esencialmente estática, a través de eventos sonoros que se alternan sin una dirección concreta. La única leve excepción a tal estatismo se produce en la zona del punto culminante, en el centro de la obra, donde los diferentes planos sonoros ven desplazado su ámbito, y el motivo de Jerez destaca su presencia con la menor aumentación rítmica.

Una vez elaborada por completo la estructura formal-temática se procedió al proceso de armonización. Para este movimiento se escogió una armonía extremadamente simple, inspirada en la música popular norteafricana, con la doble intención de reforzar armónicamente el estatismo temático-formal y de emplear recursos armónicos

característicos de la música andalusí. Es frecuente que este tipo de música se desarrolle sobre una escala prácticamente invariable durante toda una pieza, lo que a los oídos habituados al dinamismo de la armonía tonal produce una notable sensación de estatismo armónico. La armonía seleccionada es por tanto modal, a partir de la escala mostrada en el primer compás de la figura 9-(6). Se trata de una escala que contiene la célula *al-Zayadán*<sup>45</sup>, característica de la música árabe con la presencia del intervalo de 2ª aumentada. Esta escala se aplica durante los primeros 47 compases, modulando en el c.48 a una transposición de la misma escala una quinta justa ascendente. Tras el estatismo armónico inicial, dicha modulación genera un apreciable cambio de color armónico que prepara la aproximación al punto culminante, para regresar a la transposición inicial una vez superado éste.



Fig. 9 - (6). Programación armónica de Harmonizer aplicada a Hammam. El pentagrama superior es el correspondiente a las notas extrañas, que no ha sido empleado en esta ocasión. Figura una sola nota, Re, que es además nota real en ambas escalas, porque el programa requiere la existencia de al menos una nota en este pentagrama. (+Prog)

<sup>45</sup> La célula *al-Zayadán* consta de cuatro notas separadas por la siguiente intervállica: semitono - tono y medio - semitono. Según A. Chaachoo, se trata de una fórmula melódica de procedencia oriental, de gran influencia en el mundo árabe, la cual se extiende también a la actual música andalusí que aún se interpreta en el norte de Marruecos, y en general en toda la música del Magreb. Pero no sería tan característica en la música andalusí original, desarrollada en el sur de España antes de la expulsión de los moriscos en el siglo XVII (Chaachoo, 2011: 144 y 159).

Tras el proceso de armonización de la parte electroacústica, se aplicaron timbres a los distintos planos temáticos mediante un programa secuenciador y diferentes sintetizadores virtuales. En último lugar, se compuso la parte de violoncello, que se muestra en la partitura a continuación. Como puede apreciarse, el cello desarrolla gestos melódicos lentos, de un carácter casi contemplativo, que hace alusión al sentimiento casi místico de relajación que puede llegar a experimentarse en un hammam. Todo ello a través de una escritura instrumental que para este movimiento se configuró relativamente restringida, en la que sólo se hace uso de trémolos y dobles cuerdas en los compases finales como efectos expresivos específicos.

Dada la extensión, no consideramos oportuno incluir la partitura armonizada de la parte electroacústica, al ser ésta completamente similar a la presentada sin armonizar, con sus alturas levemente modificadas para adaptarse a la armonía requerida, la cual puede apreciarse en la grabación. Incluimos, en su lugar, la particella de violoncello, con la referencia gráfica indicativa para el solista de la parte electroacústica, junto al archivo de audio de la grabación a cargo de Juan Enrique Sainz interpretando el cello.

### III. HAMMAM

#### Indicaciones de interpretación:

- **Ritmo:** las figuras son orientativas, no han de ser precisas, interpretar ad lib. El ajuste temporal del Cello con la electroacústica también es orientativo, no tiene por qué ser preciso.
- **Expresión:** excepto en aquellos lugares donde expresamente se indica legato, las notas han de sonar sueltas. Especialmente los valores de redonda, que en general se interpretarán casi como si estuvieran picados.
- **Dinámica y carácter:** el carácter ha de seguir siendo profundamente místico, pero no obstante muy expresivo. En ese sentido, dejamos ad lib del intérprete la elección de la dinámica que, insistimos, ha de resultar muy expresiva, con frecuentes variaciones en la misma, siguiendo su impulso interno en relación a la mística musical.

10:44 (0:05) 10:59 (0:20) 11:06 (0:27) 11:22 (0:43)

Llenado de cubo de agua

11:45 (1:06) 12:00 (1:21)

12:14 (1:35) 12:29 (1:50)

12:36 (1:57) 12:51 (2:12)

This system shows a musical score with a bass staff and a piano staff. The bass staff contains a melodic line with various notes and rests. The piano staff features a shaded area representing a piano accompaniment, which begins at 12:36 and ends at 12:51. The time signature is 1:57 for the first part and 2:12 for the second part.

This system continues the musical score with a bass staff and a piano staff. The bass staff has a melodic line. The piano staff has a shaded area representing a piano accompaniment, which begins at 13:09 and ends at 13:24. The time signature is 2:30 for the first part and 2:45 for the second part.

13:09 (2:30) 13:24 (2:45)

This system continues the musical score with a bass staff and a piano staff. The bass staff has a melodic line. The piano staff has a shaded area representing a piano accompaniment, which begins at 13:09 and ends at 13:24. The time signature is 2:30 for the first part and 2:45 for the second part.

This system continues the musical score with a bass staff and a piano staff. The bass staff has a melodic line. The piano staff has a shaded area representing a piano accompaniment, which begins at 13:09 and ends at 13:24. The time signature is 2:30 for the first part and 2:45 for the second part.

13:46 (3:07)

This system shows a single staff with a bass clef and a key signature of one flat. It contains a melodic line with eighth and quarter notes, some beamed together, and a few rests. The piano accompaniment is represented by empty staves with a brace on the left.

This system continues the melodic line from the previous system. The piano accompaniment is represented by empty staves with a brace on the left. A grey wedge-shaped graphic is placed over the piano staves, starting from the beginning of the system and extending to the end of the first measure.

14:03 (3:24) 14:19 (3:40)

This system continues the melodic line. The piano accompaniment is represented by empty staves with a brace on the left. A grey wedge-shaped graphic is placed over the piano staves, starting from the beginning of the system and extending to the end of the first measure.

14:30 (3:51) 14:46 (4:07)

This system continues the melodic line. The piano accompaniment is represented by empty staves with a brace on the left.

15:09 (4:30) 15:24 (4:45)

15:43 (5:04) 15:59 (5:20)

Retener al final la actitud de concierto, en silencio, el mayor tiempo posible, antes de mirar al público y dar por finalizada la interpretación.

Fig. 9 - (7). Particella de violoncello de Hammam, con gráfica de referencia de la parte electroacústica para el intérprete. (+Audio: Violloncello y parte electroacústica)



## 9.2 M-Obelisk Hoquetus

M-Obelisk Hoquetus es una obra compuesta en el año 2011 para Clarinete Pícolo en Mib y Base Electroacústica. La obra se encuentra inspirada estructuralmente en el Obelisco de la Plaza de Castilla, construido en la ciudad de Madrid en el año 2009 por el arquitecto Santiago de Calatrava. Ha sido realizada en su totalidad, excepto la cadenza final a solo del clarinete, con técnicas algorítmicas empleando la metodología Designing Music, a través de la aplicación DM-D. Su estreno se llevó a cabo el 4 de diciembre de 2014, a cargo del clarinetista Marcos Llorca Climent en el Auditorio del Museo Nacional de Arte Reina Sofía, dentro de las 20ª Jornadas de Informática y Electrónica Musical, JIEM 2014. Como se expone más adelante, el planteamiento armónico de esta pieza reviste una especial complejidad, cuya consecución consideramos factible, en gran medida, por la utilización de la metodología empleada resultando, en este sentido, muestra de las capacidades estéticas de Designing Music.



*Fig. 9 - (8). Imagen del Obelisco de Santiago de Calatrava, en la Plaza de Castilla de la ciudad de Madrid.*

### 9.2.1 Concepción estructural

El objetivo de la organización estructural en esta obra es su desarrollo en estrecha relación con las propias estructuras del Obelisco. Y para ello se opera en dos niveles, mesoformal y macroformal.

A nivel mesoformal se partió de las formas elípticas que surgen en el plano de interconexión de cada una de las secciones del Obelisco con la adyacente. Para ello, se procedió a generar algorítmicamente elipses musicales como elemento estructural básico dotadas, de la misma manera que aparecen en el monumento, de una cierta inclinación, tal y como muestra la figura.



Fig. 9 - (9). Elipses musicales generadas algorítmicamente mediante DM-D.

La imagen de elipses mostradas en la figura 9-(9) ha sido producida a partir de la ecuación de la elipse en coordenadas cartesianas:

$$y = \pm b \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}$$

implementada a través de DM-D, con la programación que se muestra en la figura 9-(10). El factor sumatorio en la Tabla de Salida ( $Bast/2$ ), procedente del generador en diente de sierra *Bast* y proveedor a su vez del factor  $x$  de la ecuación, provoca la inclinación de la elipse.

**CONFIGURACION**

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Valor	4	120	4	4	0	0

**CALCULOS**

TCAL	Expresión	Comentario
Elw	25	Ellipse width
Fac	$\text{pow}(Bast,2)/\text{pow}(30,2)$	$x^2/a^2$ factor
Elip1p	$(Fac < 1 ? (Elw*\text{sqrt}(1-Fac)) : 0)$	Ellipse 1, positive side

**GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS**

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clics	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad	Comentario
V.def.	2	1	0	1	0	12	999	0	12	1	80	64	0	30	
Bast				2		6			6	3	50	-50			Base sawtooth wave

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del periodo, 2 si se calcula al finalizar una nota.  
Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.

**GENERADORES DE SECUENCIAS**

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua	Prioridad	Comentario
V.def.	1	0	1	0	0	1	0	4	999	0	1	0	0	0	60	

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

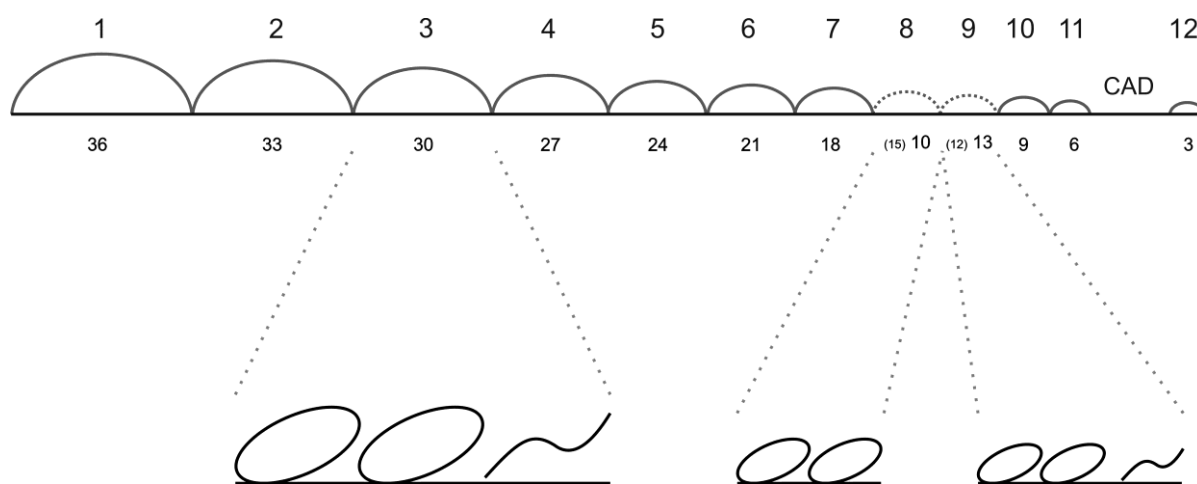
**SALIDA**

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
1		$\text{Elip1p} + C4n + (Bast/2)$	Bastu	$Basti * (Fac \leq 1)$		
2		$(-1*\text{Elip1p}) + C4n + (Bast/2)$	Bastu	$Basti * (Fac \leq 1)$		

Fg. 9 - (10). Hoja de programación de DM-D para la generación de las elipses musicales mostradas en la figura 9-(9). (+Prog)

Estas elipses básicas pasarán a formar parte de la programación completa de la obra, organizadas en diversos contrapuntos y planos estructurales, como más adelante se describe.

Desde el punto de vista macroformal la obra se estructura, al igual que el Obelisco, en doce secciones, a su vez subdivididas en dos partes cada una de ellas. La primera de estas partes corresponde a dos ciclos elípticos completos. A ésta le sigue una segunda parte, de carácter más rápido y ligero, que hace alusión a la experiencia estética, de consideración subjetiva, que pudiera producirse en el espectador al contemplar el monumento en estado móvil. Partiendo de un bloque inicial de 36 compases, las sucesivas secciones son progresivamente acortadas en 3 compases, reduciendo su duración y acelerando el discurso rítmico interno. Esta reducción hace referencia a la impresión de un observador que inicia la contemplación del Obelisco desde su base. Y lentamente eleva la mirada a lo largo del mismo lo cual, por el efecto de la perspectiva, provoca que las secciones superiores sean recorridas por la vista de manera acelerada respecto a las inferiores. La figura muestra una síntesis gráfica de toda esta configuración macroformal.



*Fig. 9 - (11). Estructura formal de M-Obelisk, organizada en 12 secciones de duración progresivamente reducida en 3 compases. Cada una compuesta de dos ciclos elípticos y una parte rápida posterior.*

Dentro de la estructura encontramos algunas irregularidades. La primera se produce en la 8ª sección, en la que se prescinde de la parte rápida para introducir un factor de variedad al romper la simetría con todas las anteriores. A continuación, en la 9ª sección se aumenta

el silencio entre ambas partes internas para generar expectación. Por último, la extensa cadencia a solo del clarinete que precede a la 12ª parte responde a diversas razones. Por un lado, la rotura de nuevo de la simetría para introducir variedad, expectación y sensación cadencial de cara a la inminente conclusión de la obra. Por otro, alude a la excitación estética que se produce al alcanzar la mirada el extremo superior del Obelisco y dirigirse directamente hacia el cielo, impulsada por todo el recorrido previo. Esta cadencia es la única sección de la obra no compuesta algorítmicamente, por tanto realizada de manera manual. Si bien, mantiene una rigurosa coherencia temática, estructural y argumental con todo el discurso previo.

### 9.2.2 Elaboración temática

A partir de la estructuración formal previamente detallada, el discurso temático se elabora a través de diversos planos contrapuntísticos, cuyo formato organizativo principal se canaliza por medio de la técnica del *hoquetus*, especialmente en la relación entre el clarinete solista y el acompañamiento electroacústico. Para ilustrarlo emplearemos la sección 8ª de la pieza, que es una de las que mejor visualiza los comportamientos elípticos de origen.



Fig. 9 - (12). Parte de Clarinete correspondiente a la sección 8ª de *M-Obelisk*.

En la figura se presenta la generación algorítmica correspondiente a la línea de clarinete de la sección 8ª de la obra. Los dos primeros pentagramas muestran los dos ciclos semi-elípticos de la primera parte. El tercer pentagrama contiene la consecuente parte rápida, que finalmente no se incluyó en la versión final de la obra pues, como se explica en el punto previo, fue eliminada en esta sección. Puede observarse la ligera deformación introducida algorítmicamente en la forma elíptica, emulando las deformaciones análogas que se producen en la superficie del Obelisco. Asimismo, aleatoriamente algunas corcheas son sustituidas por dos semicorcheas para dotar de variedad rítmica a la línea melódica.

Respecto a la parte final rápida, que se muestra en el último pentagrama, y aunque en este caso no figure en la versión final, comprende características comunes e ilustrativas en relación a cualquiera de las secciones en las que sí figura, de las cuales las más relevantes es que siempre resultan más rápidas que la parte elíptica previa y que mantienen el comportamiento de hoquetus, en esta ocasión enfrentando grupos de notas, en vez de notas individuales. Estas partes no se encuentran elaboradas a partir de la ecuación de la elipse, sino de fragmentos melódicos tomados por DM-D como secuencias a través del archivo de secuencias XML, que puede ser consultado en el apéndice IX. Han sido concebidos por tanto manualmente, aunque siguiendo también una trayectoria de cierta inspiración elíptica. Puede observarse que en su línea melódica se agregan algorítmicamente silencios recurrentes, que son los que dan origen al hoquetus. Todos estos aspectos pueden apreciarse para el resto de las secciones en la partitura de la pieza que se muestra en el punto 9.2.4.

En relación a la organización del hoquetus, la figura 9-(13) a continuación muestra el contrapunto principal generado algorítmicamente que acompaña al Clarinete durante esta sección 8ª. Puede apreciarse la alternancia de hoquetus entre ambos, también para los grupos rápidos finales, tanto en la partitura como en el archivo de audio correspondiente. El contrapunto sigue también una forma elíptica con deformaciones, de naturaleza similar a las que aparecen en el Clarinete. Y hemos de advertir que si se compara este fragmento con el que aparece en la partitura final mostrada en el punto 9.2.4 es posible apreciar que sus notas difieren. Ello se debe a dos razones. La primera es que el fragmento a continuación no ha sido todavía sometido al proceso de armonización, con lo cual

evidentemente la altura de las notas ha de ser ligeramente diferente. Y la segunda es que, además, en la partitura final el Clarinete se encuentra escrito como instrumento transpositor, una 3ª menor inferior al sonido real efectivo, como corresponde a un Clarinete en Mi bemol.

8

Fig. 9 - (13). Parte de Clarinete junto al Contrapunto principal correspondiente a la sección 8ª de M-Obelisk.  
(+Audio)

Finalmente, se muestra la base electroacústica completa generada algorítmicamente que acompaña al Clarinete, correspondiente los cinco primeros compases de esta sección 8ª, es decir, al primer ciclo elíptico. Junto al Contrapunto 1, los Contrapuntos 2 y 3 resultan de formato similar a éste, aunque a diferencia de él discurren a tempo con el propio Clarinete. Los restantes se estructuran en conformaciones rítmicas de mayor complejidad, asincrónicas con las líneas principales y estableciendo diferentes planos de contrapunto frente a ellas, aunque todos ellos derivados de la ecuación de la elipse.

8

Clar.

Contr. 1

Contr. 2

Contr. 3

Contr. 4

Contr. 5

Contr. 6

Fig. 9 - (14). Cinco primeros compases de la sección 8 de *M-Obelisk*, con el Clarinete y toda la parte Electroacústica acompañante, en su versión aún no armonizada.

Para llevar a cabo todo el desarrollo algorítmico de los diferentes contrapuntos se han empleado tres programaciones diferentes de DM-D, cuyo resultado ha sido posteriormente superpuesto, antes de proceder al proceso de armonización. Dada la complejidad y extensión de estas programaciones, se incluyen aparte para su consulta en el Apéndice IX.



### 9.2.3 Determinación del plano armónico

Siguiendo la metodología Designing Music, una vez realizada y completada la totalidad de la elaboración temático-formal, con todas las notas y sonidos que la componen, se procedió a la determinación armónica, mediante el módulo Harmonizer de DM-D. Cada una de las doce secciones ha sido tratada aplicando el mismo procedimiento. El color armónico inicial del bloque es triádico, al igual que el final, siendo éste último un acorde a la quinta justa descendente respecto al inicial. En la hoja de programación armónica de DM-D correspondiente a la sección 8 y mostrada en la figura, se parte de una triada de Lab M para finalizar en otra de Reb M. Entre las dos triadas se produce una transición progresiva hasta el dodecafonismo (compás 5 del ejemplo). Para ello, como puede observarse, se procede a agregar notas a la triada inicial hasta alcanzar el total dodecafónico. Posteriormente se sigue el proceso inverso, eliminando sonidos para concluir con una triada. La idea estética de fondo persigue un tratamiento plástico de la armonía, como si de una transición visual de color se tratara, partiendo de un color definido (triada inicial) que realiza una transición hasta el gris (dodecafonismo), para regresar hacia otro color diferente (triada final).

**8**

Fig. 9 - (15). Fragmento de la hoja de programación armónica de M-Obelisk correspondiente a la 8ª sección. Cada compás del pentagrama inferior muestra, dispuesto en forma de escala, el agregado armónico a aplicar en él. El pentagrama superior contiene el conjunto de sonidos a tomar en cuenta para el tratamiento de las notas extrañas a la armonía.

Desde este planteamiento, la siguiente figura muestra una representación gráfica de la estructura armónica correspondiente a las secciones 8 y 9. Realmente, el objetivo de este ejemplo es servir de orientación para el archivo de audio anexo, en el que auditivamente se aprecian con claridad las sucesivas transiciones armónicas desde triadas puras hasta el total dodecafónico. Estas transiciones también pueden visualizarse en la partitura incluida en el punto 9.2.4. Como se ha indicado previamente, las triadas en ambas secciones se encuentran en relación interválica de 5ª justa descendente, configuración común para todas las secciones de la pieza.

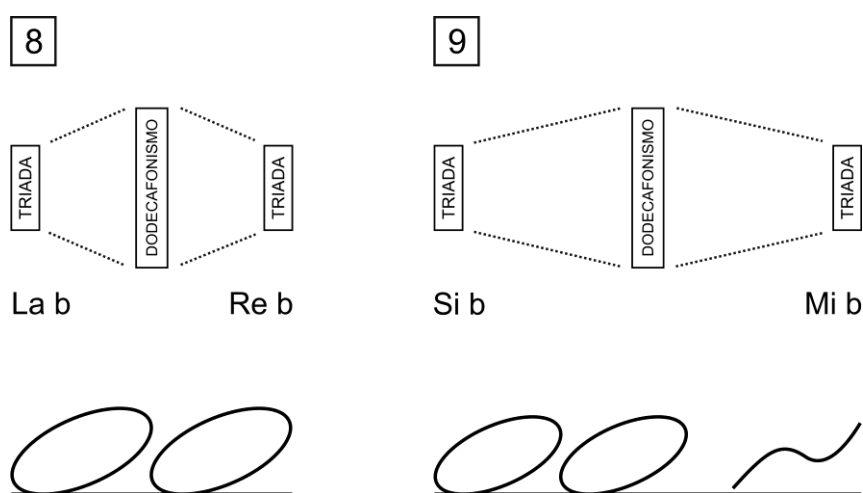
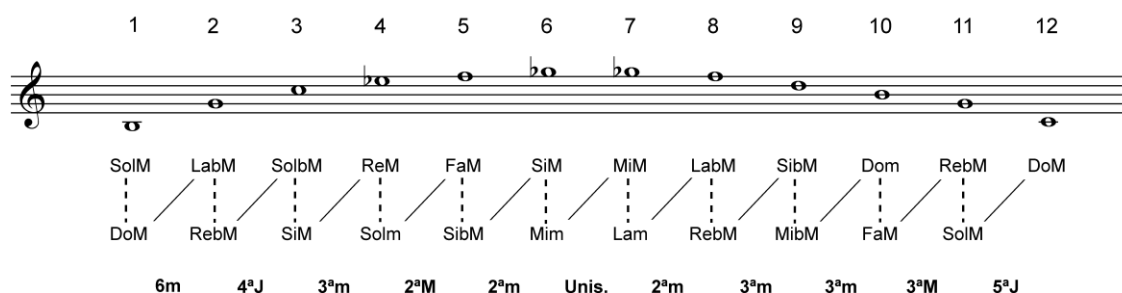


Fig. 9 - (16). Representación gráfica de la evolución armónica de las secciones 8 y 9 de M-Obelisk. (+Audio)

La organización armónica completa de toda la obra, para todas sus secciones, es mostrada a continuación. En el primer pentagrama aparecen las doce parejas de triadas con la que es armonizada cada una de las doce secciones de la obra. Muestra asimismo el intervalo de transición entre la última triada de una sección y la primera del siguiente, cuya organización secuencial ha sido compuesta para describir, al igual que en los procesos temáticos, un perfil elíptico. Las notas que figuran en el pentagrama no cuentan realmente con un uso específico en la obra ni, como se aprecia, mantienen relación con las triadas

que acompañan, excepto con las dos últimas. Simplemente representan tales intervallos, habiéndose escogido arbitrariamente la nota Si como punto de partida, tan sólo por dicha coincidencia en las dos últimas triadas.



Número de veces que aparece cada triada:



Fig. 9 - (17). Esquema de la organización armónica general de *M-Obelisk*. El pentagrama superior muestra las 12 parejas de triadas que estructuran armónicamente cada sección, indicando numéricamente en la línea inferior el intervalo de transición entre estas secciones. Tal intervalo es el que se representa en el pentagrama, ofreciendo una visualización la trayectoria de carácter elíptico empleada para seleccionar dichos intervallos.

Por otro lado, y como muestra el segundo pentagrama, se realizó también una distribución de esta interválica entre secciones para que facilitase la aparición de triadas sobre cada uno los doce sonidos de la escala cromática. Con especial incidencia en las de Sol y Do, que constituyen el eje armónico de la pieza, junto con la de Reb. A través de dicha presencia triádica sobre el total cromático se persigue establecer, a nivel macroformal, un vínculo con las transiciones dodecafónicas internas a cada uno de los bloques. Hemos de insistir en que todas estas actuaciones y aplicaciones armónicas fueron concebidas y ejecutadas una vez que se encontraba completamente conformada la

estructura temático-formal de la obra, decidiendo entonces y a la luz de tal estructura, qué configuración armónica se deseaba para la misma.

En el punto siguiente se incluye la partitura completa del Clarinete Piccolo solista junto a la referencia del contrapunto principal que emplea como guía de la sección electroacústica, para sincronizarse correctamente dentro del tratamiento rítmico de hoquetus. Como ya se ha advertido, el clarinete es un instrumento transpositor. Al encontrarse éste afinado en Mib, el sonido real se produce una 3ª menor ascendente respecto a las notas que figuran escritas. Se adjunta el audio de la obra, en grabación a cargo del clarinetista Marcos Llorca Climent.

Por último, en relación a los timbres empleados para la sección electroacústica hemos de precisar que han sido seleccionados timbres sintéticos un tanto inhabituales dentro de la estética más común en las obras electroacústicas. Desde sus orígenes, la música electroacústica se ha caracterizado por la especulación e investigación tímbrica apoyándose, en líneas generales, sobre timbres alejados de aquellos convencionales generados por instrumentos acústicos. En *M-Obelisk*, en cambio, sí es posible por ejemplo escuchar un sonido de órgano y, en conjunto, timbres relativamente convencionales. Su elección es absolutamente premeditada, con el objetivo de focalizar la atención del oyente hacia la trama estructural, no sobre la evolución tímbrica. En último término, se ha tratado de establecer un vínculo más desde el plano tímbrico con la obra de Santiago de Calatrava, que suele caracterizarse por el empleo de colores planos en sus edificaciones, normalmente blanco liso, también con el objeto de focalizar la atención estética hacia los elementos estructurales.

## 9.2.4 Partitura de la obra: Clarinete en Mib y referencia Electroacústica

## M-OBELISK HOQUETUS

Clarinete en Mib

Electroacústica Contrapunto Principal

circa 120

*pp* *sfz* *pp*

8 *deciso* *poco accel.* *mf* *p* *ppp*

16 *poco rit.* *mf* *poco accel.*

24 *a tempo* *misterioso* *pp*

31 *p*

2 (1:14)

39

*p*

46

*poco accel.*

*poco rit.*

*mf*

53

59

*poco accel.*

*a tempo*

*poco accel.*

*rit.*

*a tempo*

*p*

66

*poco accel.*

3 (2:18)

72 *mf* *gliss.*

78 *poco accel.*

83 *poco rit.* *a tempo*

89 *p*

94

98

4 (3:20) *poco a poco accel.*

103 *mf*

109 *gliss.* *mf* *rit.*

116 *accel.* *a tempo*

122 *mf*

126 *mf* *rit.*



5 (4:14)

131 *accel.* *a tempo* *simile*

*mf*

135 *simile* *poco accel.*

139 *rit.*

143 *accel.*

146 *giocoso* *poco rit.* *accel.*

*f*

151 *rit.*

6 (5:01)

*a tempo* *mf* *poco accel.*

156

*rit.*

160

*poco a poco accel.*

165

*poco rit.* *mf*

169

*accel.* *rit.*

173

7 (5:43)

178 *accel.* *a tempo* *simile*  
*mf*

181 *poco rit.*

185 *poco accel.*

189 *a tempo* *simile* *rit.*

192 *accel.*

194 *a tempo*

8 (6:20)

197 *poco accel.*

*mf*

201 *poco a poco rit.*

204

9 (6:42)

208 *a tempo* *poco accel.* *poco rit.*

*f*

212 *accel.*

217 *simile* *rit.*

219

10 (7:08)  
(Ossia cc. 222 al 227: El clarinete toca a tempo con la parte electroacústica)

222 *a tempo* *poco accel.* *rit.*  
*f*

225 *accel.*

227 *rit.* *a tempo*

229 *accel.* *rit.*

11 (Ossia cc. 232 al 235: El clarinete toca a tempo con la parte electroacústica)  
(7:29)

232 *f*

234

236 *rit.*

239 *poco accel.* *poco rit.* *rubato*

242

245 *sfz* *f* *schierzando*

247 *simile* *rit.*

12 (8:07)

*poco accel.* *rit.* *poco accel.* *rit.*

250

*f*

*poco accel.* *rit.* *poco accel.* *molto rit.*

252

*gliss.*

*a tempo, meno mosso* *molto rit.*

254

6

Fig. 9 - (18). Partitura para el Clarinete de M-Obelisk Hoquetus, con la referencia del Contrapunto Principal, que proporciona la guía al intérprete para su sincronismo con la parte electroacústica. Al ser el clarinete un instrumento transpositor, su línea melódica se encuentra escrita una 3ª menor descendente respecto al sonido real. (+Audio: Clarinete y parte electroacústica)





## 10 Conclusiones

---

Consideramos esta investigación como un trabajo que, apoyado en el pasado, mira más hacia el futuro que a sí mismo o a la tradición que toma como referencia. No obstante, antes de perfilar dicha mirada hacia delante, es un paso imprescindible realizar balance de las conclusiones fundamentales que de él se derivan, a partir de las cuales sustentar posteriores vías de actuación.

**I. Constatación del Apriorismo Armónico en la Música Occidental.** Hemos abordado el estudio del apriorismo armónico desde diferentes perspectivas, con la intención de definir con claridad este concepto asociado al proceso de creación musical dentro de la Música Occidental, entendida como la música de raíz europea culta y las posibles manifestaciones musicales de origen popular directamente influidas por ella. Hemos constatado su presencia de forma intrínseca y relativamente subconsciente en dicho proceso. La deformación acometida sobre la Sonata para piano KV545 de W.A. Mozart, anulando su discurso armónico pero manteniendo intacta toda la trama formal y temática, permite tomar conciencia sobre la relevancia estructural de tal trama frente al plano armónico, en oposición a la consideración tradicional de valoración de la armonía. Tal experiencia resultaría fácilmente reproducible sobre una considerable proporción del repertorio clásico-romántico. Desde otro punto de vista, hemos puesto en evidencia la presencia del apriorismo en la formación convencional académica de un compositor, tomando como referencia los planes de estudios vigentes durante el siglo XX en España, en concreto los planes de estudios de 1917 y de 1967, bajo el procedimiento de un

prolongado entrenamiento en la disciplina de la armonía antes de abordar otros elementos de la construcción musical. Hemos planteado incluso la posibilidad de condicionamiento armónico apriorístico implícito en las líneas melódicas, al que denominamos *imbricación armónica*, a partir del ejemplo de la melodía popular *Ah, vous dirai-je, Maman*, comparando el tratamiento armónico que de la misma realizan W.A. Mozart en sus *Variaciones para piano Kv300e* y Johann Christoph Friedrich Bach en el *Allegretto con Variaciones Wf XII:2*. La concepción apriorística ha quedado puesta también de manifiesto, en determinados casos como férreo condicionante, en la revisión realizada a las principales corrientes de Vanguardia del siglo XX, que abordamos específicamente en la conclusión III. Y por último el apriorismo, y en especial su aceptación subconsciente, queda patente ante el asombro que tiende a suscitar la posibilidad de retardar el proceso de concepción del plano armónico, sea a través de un procedimiento computerizado como *Designing Music* o, de forma manual, como el acometido por Jesús Rueda y del cual incluimos información inédita en el Apéndice II. Sólo así puede explicarse que una obra de la categoría del *Diccionario Harvard de la Música*, en su extensa entrada dedicada a la Grecia clásica y a su teoría musical (Randel, 1999: 485-489), aborde exclusivamente aspectos interválicos sin la más mínima mención sobre el ritmo, o que Jesús Rueda, compositor Premio Nacional de Música del año 2004, evitase exponer hasta hace poco, y por pudor ante la transgresión de un principio casi sagrado, cómo su técnica compositiva pospone la concepción armónica.

**II. Posible origen en los planteamientos éticos cristianos, apoyados en la teoría musical de las esferas.** Somos conscientes de que una afirmación rotunda al respecto requeriría de una profundización que excede, con mucho, los objetivos de esta tesis. Sin embargo, y tomándolo en cuenta, ha sido nuestro deseo plantear y tratar el posible origen del apriorismo armónico, aportando los indicios que consideramos probables acerca del mismo y abriendo, como más adelante se expone, la puerta a estudios específicos a partir de ellos. El razonamiento que nos ha conducido a tal conclusión es extenso y ha sido desarrollado en el capítulo 3. Sintetizando y recapitulando acerca del mismo, los indicios a los que nos referimos parten, en primer lugar, del hecho de que el apriorismo armónico, entendido como el control preciso y apriorístico de todas las relaciones interválicas que aparecen en la simultaneidad polifónica, es una convención característica de la llamada música culta occidental, que podría encontrar su germen en el desarrollo de la polifonía a partir de la escritura diastemática que surge en los entornos religiosos cristianos de

Europa occidental, la cual en sus inicios registra sólo dichas relaciones interválicas<sup>46</sup>. El canto llano sobre el que se sustenta proporciona el contenido rítmico, a través de la métrica del texto, y una melodía de partida sobre los que cabe poca intervención, pues son soporte del mensaje divino. De esa manera, se focalizaría la atención de los creadores de la primitiva polifonía hacia las verticalidades interválicas, desarrollando una actitud que se mantendrá subconsciente hasta nuestros días. Por otro lado, la corriente neoplatónica sobre la que se apoya el Cristianismo a partir del siglo IV reaviva la teoría musical de las esferas, dotando de una trascendencia al hecho interválico que le confiere también representación divina a través de las supuestas relaciones matemáticas con las órbitas planetarias. Tal conjunto de factores encuentra su reflejo en los principales tratados sobre música del occidente cristiano desde el siglo IV y hasta el siglo XIII, con la excepción de *De Música* de San Agustín, al abordar en general con mucha mayor extensión los aspectos interválicos que los métricos o rítmicos.

**III. Apriorismo armónico latente en la música de Vanguardia del siglo XX.** El arte de vanguardia del siglo XX supone una rotura de moldes preestablecidos y de exploración nuevas formas artísticas de expresión, liberándose de prejuicios a veces seculares. En el terreno musical el comportamiento es análogo, afectando también a un plano armónico que persigue, y logra, la superación del marco tonal al que se circunscribía durante los siglos precedentes. Sin embargo, y aún transitando caminos alejados de la tonalidad, hemos mostrado cómo la actitud apriorística, en relación a la armonía, puede mantenerse en la llamada música de vanguardia de manera acusada. Tal actitud ha quedado de manifiesto, por ejemplo, a través del análisis de la *Dragons' Dance* de *Mikrokosmos* de B. Bartok y, muy especialmente, a partir de los planteamientos compositivos del Dodecafonismo de Schoenberg, junto a las técnicas seriales que de él se derivan, ejemplificadas mediante el análisis de las *Semi Simple Variations* de M. Babbitt. En oposición, las corrientes y técnicas que se apoyan en el estatismo armónico, como el *pandiatonismo* o el *minimalismo*, experimentan una cierta liberación de la actitud apriorística tradicional mediante la renuncia al movimiento armónico, como puede llegar a observarse al extremo en la obra de Arvo Pärt. Sin embargo, serán las técnicas de *aleatoriedad* las que alcanzarían a anular por completo todo tipo de apriorismos, no sólo

---

<sup>46</sup> Con la salvedad, como recoge Reese, de una posible especificación de la proporción 2 a 1 en las duraciones (Reese, 1989: 176-185).

el armónico, mediante la renuncia al control preciso del resultado musical. A partir de tales precedentes, la propuesta de Designing Music aporta una anulación del apriorismo armónico tan drástica como la que pueda llegar a darse a través de la aleatoriedad, pero sin renunciar en cambio al control armónico, que opera a posteriori respecto al resto de elementos.

**IV. Originalidad de la metodología Designing Music y la herramienta DM-D.** El análisis del contexto tecnológico, relativo a las técnicas de composición algorítmica informatizada, nos lleva a concluir cómo el tratamiento armónico de los diferentes sistemas ha tendido a situarse principalmente entre el control apriorístico y los procesos de imitación estilística automatizada, no encontrándose desarrollos significativos para un control a posteriori, preciso y flexible, como el que ofrece la herramienta DM-D. En el ámbito visual, hemos mostrado también la aportación de DM-D en su módulo Composer, al adoptar una configuración gráfica, a través de tablas, que toma la referenciación espacial de la programación de *tipo Visual Programming Language*, combinada con la flexibilidad de las expresiones de programación de *tipo código* procedentes del lenguaje de *Csound*. Se obtiene así un formato de programación potente y estructurado gráficamente, que facilita la realización de programaciones musicales complejas a partir de una representación compacta y visualmente accesible.<sup>47</sup>

**V. Funcionalidad de Designing Music como metodología analítica.** Aplicando la técnica conocida como *musical modelling*, han sido mostradas las posibilidades analíticas de Designing Music a través de la recreación de música de repertorio desde dos ejemplos. El primero de ellos acomete el modelado de un preludio en estilo barroco para teclado, tomando como referencia el preludio de *Fuga N° 5 BWV 850 del Clave Bien Temperado I*, de J.S. Bach. El segundo reconstruye, de manera aproximada, los 25 primeros compases del Estudio para piano N°8, *Fém*, de G. Ligeti. La técnica de *musical modelling*

---

<sup>47</sup> Aparte de haber sido materia de numerosos cursos, ponencias y presentación en congresos, hemos de citar, en este sentido, la inclusión de Designing Music y DM-D como contenido específico de la asignatura Proyectos de Composición e Interpretación Musical Asistida por Ordenador, del Máster en Investigación Musical de la Universidad Internacional de la Rioja durante los cursos 2014-2015 y 2015-2016. Puede ampliarse esta información en [http://gestor.unir.net/userFiles/file/guias/musical07\\_compo\\_musical\\_por\\_ordenador.htm](http://gestor.unir.net/userFiles/file/guias/musical07_compo_musical_por_ordenador.htm) [Consulta realizada el 27 de mayo de 2016].

implica en sí misma el análisis, con la mayor profundidad posible, de la obra que se recrea, pues tal recreación se apoya en dicho análisis. Al combinarla con Designing Music se obtiene la completa concentración sobre los procesos formal-temáticos, que son reconstruidos inicialmente desprovistos del factor armónico disgregando, por tanto y de manera radical, ambos planos. Esta característica específica proporciona, de esa manera, una vía de análisis alternativa, aunque absolutamente complementaria, a las metodologías de análisis convencionales.

**VI. Capacidad práctica de Designing Music para la concepción y composición de creaciones musicales.** Se ha expuesto detalladamente el proceso de composición de dos obras musicales mediante la aplicación de la metodología Designing Music. En concreto *Hammam*, tercer movimiento de *Tres Recitativos Andalusíes*, para Violoncello y Electroacústica, y *M-Obelisk Hoquetus*, para Clarinete Piccolo y Electroacústica. Se trata tan sólo de una muestra de entre ya varias obras creadas aplicando esta metodología. Como se ha detallado, ambas piezas han sido estrenadas en concierto público, grabadas y *Hammam* también difundida por Radio Nacional de España. No es el objetivo en esta tesis apreciar el mayor o menor valor artístico de las piezas ni, en cualquier caso, corresponde a nosotros dicha tarea. Pero sí consideramos que ofrecen testimonio de la capacidad práctica de Designing Music para la concepción y composición de creaciones musicales y, como ha sido explicado, en base a tal motivo se ha incluido su descripción. Un testimonio del que supone, en definitiva, el principal objetivo de Designing Music: el desarrollo de una técnica accesible, contrastada y alternativa, desde la liberación del apriorismo armónico, para la creación musical.



### **Líneas de investigación musicológica, desarrollo técnico y creación artística que abre esta tesis**

Como afirmamos al principio de las conclusiones, esta tesis ha sido concebida más como un punto de partida que como una meta alcanzada. Por ello, nuestro propósito fundamental se ha centrado en plantear y constatar el hecho del apriorismo armónico en la Música Occidental, así como mostrar la metodología *Designing Music* como posible vía alternativa al mismo para, a partir de esta base, acometer nuevas líneas de investigación, desarrollo y creación. Proponemos una relación de las que, de manera inmediata, consideramos más relevantes:

- Estudio comparado, acerca del apriorismo armónico, entre la conocida como Música Occidental y prácticas musicales complejas pero gestadas con completa independencia respecto a ella, como las autóctonas de la India, las del sudeste asiático o las del centro y sur de Africa.
- Tal y como ha sido abordado en algunos autores adscritos a las corrientes de Vanguardia del siglo XX, investigar y precisar los condicionantes apriorísticos presentes, en relación al plano armónico, en obras y autores concretos del periodo Clásico-Romántico.
- Ampliación y profundización sobre el origen del apriorismo armónico, detallando no sólo los principios religiosos, éticos, técnicos y sociales que lo propician durante el amplio periodo en el que se gesta, sino también la manifestación del mismo en la obra de los creadores que elaboran las primeras composiciones de polifonía escrita.
- Influencia y repercusión del apriorismo armónico sobre estilos y prácticas musicales directamente relacionados con la Música Tonal Clásica como, por ejemplo, el Jazz o la música Pop-Rock.
- A partir de la metodología y los ejemplos presentados en el capítulo 8, desarrollo de análisis de obras de repertorio mediante modelizaciones apoyadas en *Designing Music*

y la herramienta DM-D, extrayendo conclusiones específicas en base a la disociación del plano formal-temático y el armónico.

- Ampliación de la herramienta DM-D: incorporación de nuevas funciones algorítmicas de programación al módulo Composer, ampliación de la operatividad del módulo Harmonizer como se sugiere en el punto 7.3 y configuración, también, del código para facilitar una compilación multi-plataforma, posibilitando la ejecución en sistemas operativos diferentes a Windows.
- Creación musical en aplicación total o parcial de la metodología Designing Music. Continuando la exploración, no sólo de las características técnicas compositivas que ofrece, sino también de los matices expresivos o netamente estéticos que de la misma pudieran derivarse.



## 11 Referencias

---

Abrams, S., Fuhrer, R., Oppenheim, D., Pazel, D. and Wright, J. "A Framework for Representing and Manipulating Tonal Music". *Proceedings of the International Computer Music Conference*, San Francisco (USA): ICMA, 2000.

Alejandro, San Clemente. *Protréptico*. Traducción de M<sup>a</sup> Consolación Hernández. Madrid: Gredos, 1994.

Anders, Torsten, y Miranda, Eduardo R. "Constraint programming systems for modeling music theories and composition". *ACM Computing Surveys (CSUR)* num. 43, 2011. Pgs. 30:1-30:38.

Arín, Valentín de, y Fontanilla, Pedro. *Estudios de armonía. Lecciones teórico-prácticas para uso de las clases del Conservatorio de Música y Declamación*. 4 vols. Madrid: Calcografía de A. Pontones, 1910 (1<sup>a</sup> ed.; muchas otras posteriores).

Aristóteles, Miguel Candel. *Acerca del cielo. Meteorológicos*. Madrid: Gredos, 2008.

Baratè, A., Haus, G., Ludovico, L. A. "Music analysis and modeling through Petri nets". *Computer Music Modeling and Retrieval*. Berlin, New York: Springer, 2005: 201-218.

Bonds, Mark E. *Absolute music: the history of an idea*. New York: Oxford University Press, 2014.

Boulanger, Richard C. *The Csound book. Perspectives in software synthesis, sound design, signal processing, and programming*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2000.

Bresson, Jean y Agon, Carlos. *Visual Programming and Music Score Generation with OpenMusic*. IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, Pittsburgh, United States, Sep 2011: 247-248.

Calés, Francisco, y Daniel S. Vega. *Tratado de contrapunto*, Vol.1. Madrid: Música Didáctica, 2000.

Catalán, Teresa. "Organización y distribución territorial de las titulaciones superiores de conservatorio". *Euskal zientzia eta kultura, eta sare telematikokoak (Ciencia y cultura vasca, y redes telemáticas)*. Donostia: Eusko Ikaskuntza, 2002.

Chaachoo, Amin. *La música andalusí al-Ála: historia, conceptos y teoría musical*. Córdoba: Editorial Almuzara, 2011.

Chouvel, Jean Marc y Barez, Jean-Michel. "El análisis Musical: una disciplina en mutación". *12 Notas Preliminares*, num. 19-20, Guevara Ed: Madrid, 2007: 6-7.

Comunidad de Madrid. Decreto 36/2011, de 2 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece el Plan de Estudios para la Comunidad de Madrid de las enseñanzas artísticas superiores de Grado en Música. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, 16 de junio de 2011, num. 141: 29-49.

Cook, Nicholas. *A guide to musical analysis*. New York: W.W. Norton, 1992.

Dallin, Leon. *Techniques of twentieth century composition; a guide to the materials of modern music*. Dubuque, Iowa: W.C. Brown Co Publishers, 1974.

Dean, R. T. *The Oxford handbook of computer music*. Oxford, New York: Oxford University Press, 2009.

Diaz-Jerez, Gustavo. "Composing with Melomics: Delving into the computational world for musical inspiration". *Leonardo Music Journal*, num. 21. Massachusetts: The MIT Press, 2011: 13-14.

Dodge, Charles y Thomas A. Jerse. *Computer music: synthesis, composition, and performance*. New York: Schirmer Books Prentice Hall International, 1997.

Düchting, Hajo. *Paul Klee: painting music*. Munich, New York: Prestel, 2004.

España. Decreto 2618/1966 de 10 de septiembre de 1966, sobre Reglamentación general de los Conservatorios de Música. *Boletín Oficial del Estado*, 24 de octubre de 1966, num. 254: 13381-13387.

España. Decreto de 15 junio de 1942, sobre Organización de los Conservatorios de Música y Declamación. *Boletín Oficial del Estado*, 4 de Julio de 1942, num. 185: 4838-4340.

España. Real Decreto de 24 de agosto de 1917, por el que se establece el Reglamento para el gobierno y régimen del Real Conservatorio de Música y Declamación de Madrid. *Gaceta de Madrid*, 30 de agosto de 1917, num. 242: 545-551.

Essl, Karlheinz. "Algorithmic composition". *The Cambridge companion to electronic music*. Editado por: Collins, N. y d'Escriván, J. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Fernández, José D. y Vico, Francisco. "AI Methods in Algorithmic Composition: A Comprehensive Survey". *Journal of Artificial Intelligence Research*, num. 48. El Segundo, California: AI Access Foundation Ed, 2013.

Garrigus, Scott R. *Sonar X2 power! the comprehensive guide*. Boston, MA: Cengage Learning, 2014.

Gedálge, André, Alexandre Schinieger, y Mercedes Zavala. *Tratado de fuga*. Madrid: Real Musical, 1990.

Godwin, Joscelyn. *Armonía de las esferas. Un libro de consulta sobre la tradición pitagórica en la música*. Traducción de María Tabuyo y Agustín López. Girona: Atalanta, 2009.

Hindemith, Paul. *Curso condensado de armonía tradicional, vol. 2. Ejercicios de Armonía para cursos superiores*. Buenos Aires: Ricordi Americana, 1959. (Obra original publicada por Schott & Co: Londres, 1949).

Jámblico, Miguel Periago. *Vida pitagórica; Protréptico*. Madrid: Editorial Gredos, 2003.

Johnson, Mark. *Composing with Finale*. Boston, Mass: Course Technology, 2009.

La Duke, Leone Bernice (ed.); Guido d'Arezzo. *Micrologus*. Tesis Doctoral con traducción completa al inglés de la editora. University of Oregon, 1943.

LaRue, Jan. *Análisis del estilo musical*. Cornellà de Llobregat: Idea Books, 2004. (Obra original publicada por Norton: Nueva York, 1970).

Lerdahl, Fred, and Ray Jackendoff. *A generative theory of tonal music*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1983.

Marco, Tomás. *Pensamiento musical y siglo XX*. Madrid: Fundación Autor Sociedad General de Autores y Editores, 2002.

Meredith, David (Editor). *Computational music analysis*. Cham: Springer, 2016.

Michels, Ulrich, León Mames, y Gunther Vogel. *Atlas de música*, Volumen 1. Madrid: Alianza, 1982.

Milhaud, Darius. "Politonalité et Atonalité", *Revue musicale*, num. 4, 1923: 29-44.

Miranda, Eduardo R. *Composing music with computers*. Oxford Boston: Focal Press, 2001.

Molina, Emilio; Cabello, Ignacio; y Roca, Daniel. *Armonía*. 2 Vols. Real Musical: Madrid, 2000.

Morgan, Robert P. *Antology of Twentieth Century Music*. New York: Norton, 1992.

Morgan, Robert P. *La música del siglo XX : una historia del estilo musical en la Europa y la América modernas*. Tres Cantos, Madrid: Akal Ediciones, 1999. Traducción de Patricia Sojo. (Obra original publicada en inglés con el título *Twentieth-century music : a history of musical style in modern Europe and America*. New York: Norton, 1991).

Moritz, William. *Optical poetry: the life and work of Oskar Fischinger*. Bloomington: Indiana University Press, 2004.

Nierhaus, Gerhard. *Algorithmic composition: Paradigms of automated music generation*. Viena: Springer, 2009.

Notario Ruíz, Antonio. "El aspecto visual de la Música". *Museos de extrañeza*. Salamanca: Luso-Española de Ediciones, 2007.

Pachet, F. y Roy, P. "Musical harmonization with constraints: A survey". *Constraints Journal*, Boston: Kluwer Publisher num. 6, 2001: 7-19.

Pachet, Françoise. "The Continuator: Musical Interaction With Style". *Journal of New Music Research*, num.31. Londres: Taylor & Francis, 2002.

Perle, George. *Composición serial y atonalidad: una introducción a la música de Schönberg, Berg y Webern*. Barcelona: Idea Books, 1999. Traducción de Juan José Olives. (Obra original publicada en inglés con el título *Serial composition and atonality: an introduction to the music of Schoenberg, Berg, and Webern*. Berkeley, Calif: University of California Press, 1991).

Persichetti, Vincent. *Armonía del siglo XX*. Madrid: Real Musical, 1985. Traducción de Alicia Santos (Obra original publicada en inglés con el título *Twentieth century harmony: creative aspects and practice*. Norton: Nueva York, 1961).

Piston, Walter y Mark DeVoto. *Armonía*. Barcelona: Labor, 1991. Traducción de Juan Luis Millán Amat. (Obra original publicada en inglés con el título: *Harmony*. New York: Norton, 1941).

Platón, Conrado Eggers. *Diálogos. La República*. Madrid: Gredos, 1988.

Pritchett, James. *The music of John Cage*. Cambridge England, New York: Cambridge University Press, 1993.

Quitiliano, Aristides, Luis Colomer, y Begoña Gil. *Sobre la música*. Madrid: Editorial Gredos, 1996.

Randel, Don. *Diccionario Harvard de la Música*. Madrid: Alianza Editorial, 1999. Traducción de Luis Carlos Gago (obra original publicada por Harvard University Press: Cambridge, Massachussets, 1986).

Reese, Gustave. *La música en la Edad Media. Con una introducción sobre la música en la Edad Antigua*. Madrid: Alianza Editorial, 1989. Traducción de José María Martín Triana (obra original publicada por Norton: Nueva York, 1940).

Richter, Ernest Friedrich. *Tratado de armonía teórico y práctico*. Barcelona: Ramón Fornell, Ed. 1901. Traducción de Felipe Pedrell. (Obra original publicada por Breitkopf und Härtel: Leipzig, 1853).

Rossing, Thomas D. *Springer handbook of acoustics*. New York: Springer, 2007.

Russomanno, Stefano. "Sonido y fractales en la música de Francisco Guerrero". *Doce Notas Preliminares*, num. 1. Guevara Ed: Madrid, 1997.

San Agustín, Jesús Luque, y Antonio López. *Sobre la música: seis libros*. Madrid: Gredos, 2007.

Schenker, Heinrich. *Tratado de Armonía*. Madrid: Real Musical, 1990. Traducción de Ramón Barce. (Obra original publicada por J.G. Cotta'sche Buchhandlung Nachfolger: Stuttgart, 1906).

Scherzinger, Martin. "György Ligeti and the Aka Pygmies Project". *Contemporary Music Review*, vol. 25 nº 3. Londres: Taylor & Francis, 2006: 227-262.

Schoenberg, Arnold y Stein, Leonard (Ed.) *El estilo y la idea*. Madrid: Mundimúsica Ediciones, 2007. (Obra original publicada en inglés con el título *Style and idea : selected writings of Arnold Schoenberg*. London: Faber, 1975).

Schoenberg, Arnold. *Fundamentos de la composición musical*. Madrid: Real Musical, 1992. Traducción de Alicia Santos. (Obra original publicada por Faber & Faber: Londres, 1967).

Schoenberg, Arnold. *Tratado de armonía*. Madrid: Real Musical, 1979. Traducción de Ramón Barce. (Obra original publicada por Universal Ed: Viena, 1922).

Scholz, Hans. *Compendio de Armonía*. Barcelona: Labor, 1933 (3ª edición). Traducción de Roberto Gerhad.

Shvets, Anna, Charles de Paiva Santana. "Modelling Arvo Pärt's music with OpenMusic." *Proceedings of the EVA London 2014 on Electronic Visualisation and the Arts*. BCS, 2014: 9-16.

Slonimsky, Nicolas. *Music since 1900*. New York: Norton, 1938.

Solomos, Makis, Anastasia Giorgaki, Giorgos Zervos (eds). "Cellular Automata in Xenakis' Music. Theory and practice". *Definitive Proceedings of the International Symposium Iannis Xenakis*. Atenas, 2005.

Tatarkiewicz, Wladyslaw. *Historia de la estética (Tomo I): La estética Antigua*. Madrid: Ediciones Akal, 1991.

Taube, Heinrich. *Notes from the metalevel: introduction to algorithmic music composition*. London New York: Taylor & Francis Group, 2004.

Toch, Ernst. *Elementos constitutivos de la música: armonía, melodía, contrapunto y forma*. Barcelona: Idea Book, 2001. (Obra original publicada en inglés con el título *The shaping forces in music, an inquiry into harmony, melody, counterpoint, form*. Criterion Music Corp: Nueva York, 1948).



Vergo, Peter. *That divine order: music and the visual arts from antiquity to the eighteenth century*. London, New York: Phaidon, 2005.

Vergo, Peter. *The music of painting: music, modernism and the visual arts from the Romantics to John Cage*. London, New York: Phaidon, 2010.

Vollaerts, J.W.A. *Rhythmic Proportions in Early Medieval Ecclesiastical Chant*. Leiden: E.J.Brill Ed, 1960.

Woods, William. "Transition Network Grammars for Natural Language Analysis". *Communications of the ACM*, num. 13. Nueva York, 1970: 591–606.

Xenakis, Iannis. *Formalized music: thought and mathematics in composition*. Stuyvesant, NY: Pendragon Press, 1992.

Zamacois, Joaquín. *Tratado de armonía*. Barcelona: Labor, 1945.

Zbikowski, Lawrence M. *Conceptualizing music: cognitive structure, theory, and analysis*. Oxford New York: Oxford University Press, 2002.



## 12 Anexos

---

### RELACIÓN DE DOCUMENTOS SONOROS

La siguiente relación detalla los documentos sonoros informatizados, en formato mp3, que se adjuntan en el disco compacto anexo. El orden corresponde al de aparición en el texto, iniciando su nombre con el número de figura al que corresponde.

**02-02 Mozart sonata 545 original.mp3** - W.A. Mozart, *Sonata para piano N°16 Kv545*. Exposición del primer movimiento. Interpretación de Simone Renzi, publicada por IMSLP.org bajo licencia Creative Commons 3.0.

**02-03 Mozart sonata 545 transformada.mp3** - W.A. Mozart, *Sonata para piano N°16 Kv545*. Exposición del primer movimiento transformada. Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**02-04 Mozart sonata 545 estructura armónica.mp3** - W.A. Mozart, *Sonata para piano N°16 Kv545*. Estructura armónica de la exposición del primer movimiento. Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**07-05 Muestra de operación de Harmonizer.mp3** - Interpretación sintetizada de la salida armonizada por Luis Rodríguez de Robles.

**07-10 Armonizaciones según el control del Bajo o la Melodía.mp3** - Diferentes armonizaciones generadas por Harmonizer, en función de la activación del control del bajo y de la melodía superior - Interpretación secuencial sintetizada de los tres ejemplos por Luis Rodríguez de Robles.

**08-01 Preludio 5 ReM Clave Bien Temperado 1.mp3** - J.S.Bach, *Preludio de la Fuga N° 5 BWV 850*, en Re mayor, del primer volumen del Clave Bien Temperado. Interpretación de Kimiko Ishizaka, publicada por Wikimedia.org bajo licencia Creative Commons 1.0.

**08-05 Preludio barroco no armonizado.mp3** - Estructura formal y temática generada del Preludio para teclado en estilo barroco generado por DM-D, previa a la aplicación de tratamiento armónico. Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**08-07 Preludio barroco armonizado, versión 1.mp3** - Versión final del Preludio barroco, con la programación armónica aplicada por DM-D sobre la estructura temático-formal previamente generada, tal y como se muestra en el ejemplo 8-(5). Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**08-09 Preludio barroco armonizado, versión 2.mp3** - Versión alternativa del Preludio barroco, con la misma programación empleada para generar el ejemplo 8-(7), pero aplicando las nuevas células de la figura 8-(8). Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**08-22 Estudio 8 de Ligeti no armonizado.mp3** - Resultado musical generado por la programación mostrada en la figura 8-(21), recreando los 25 primeros compases del Estudio para piano N°8, Fem, de G. Ligeti. Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**08-36 Estudio 8 de Ligeti armonizado.mp3** - Resultado tras el proceso de programación armónica aplicado por DM-D a la entrada de la figura 8-(22), recreando los 25 primeros compases del Estudio para piano N°8, Fem, de G. Ligeti. Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**09-03 Efecto llenado de cubo de agua.mp3** - Resultado musical de la programación del efecto de llenado de cubo de agua en los Tres Recitativos Andalusíes. Extracto de los compases 14 a 20 de Hammam. Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**09-04 Murmullo de agua corriendo por el suelo.mp3** - Recreación del murmullo de agua corriendo por el suelo, a partir de la programación de Composer. Extracto de los tres primeros compases de Hammam. Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**09-05 Parte Electroacústica de Hammam no armonizada.mp3** - Partitura de la parte electroacústica de Hammam, previa al proceso de armonización. Interpretación sintetizada con timbre uniforme de piano por Luis Rodríguez de Robles.

**09-07 Grabación completa de Hammam.mp3** - Luis Robles, *Hammam*, grabación completa. Interpretación sintetizada de la parte electroacústica por Luis Rodríguez de Robles. Interpretación de Violoncello a cargo de Juan Enrique Sainz.

**09-13 Clarinete y contrapunto principal sec 8 M-Obelisk.mp3** - Parte de Clarinete junto al Contrapunto principal correspondiente a la sección 8ª de M-Obelisk. Interpretación sintetizada por Luis Rodríguez de Robles.

**09-16 Secciones 8 y 9 de M-Obelisk.mp3** - Reproducción correspondiente a la representación gráfica de la evolución armónica de las secciones 8 y 9 de M-Obelisk. Interpretación sintetizada de la parte electroacústica por Luis Rodríguez de Robles. Interpretación de Clarinete Piccolo a cargo de Marcos Llorca Climent.

**09-18 Grabación completa de M-Obelisk Hoquetus.mp3** - Luis Robles, *M-Obelisk Hoquetus*, grabación completa. Interpretación sintetizada de la parte electroacústica por Luis Rodríguez de Robles. Interpretación de Clarinete Piccolo a cargo de Marcos Llorca Climent.

## RELACIÓN DE ARCHIVOS DE PROGRAMACIÓN

La siguiente relación detalla los archivos de programación de DM-D, empleados en la generación de diferentes ejemplos de la tesis, que se adjuntan en el disco compacto anexo. El orden corresponde al de aparición en el texto.

**1-Ejemplo de Hoja Programación de Composer.zip** - Ejemplo del formato visual de programación del módulo Composer de DM-D. Se muestra en el texto en la figura 6-(11) y corresponde a la programación empleada para generar el ejemplo de la figura 6-(6).

**2-Preludio Barroco Programación versión 1.zip** - Programación de DM-D del Preludio Barroco, mostrada en las figuras 8-(2), 8-(3) y 8-(6), para generar la primera versión de la figura 8-(7).

**3-Preludio Barroco Programación versión 2.zip** - Programación de DM-D del Preludio Barroco, mostrada en las figuras 8-(3), 8-(6) y 8-(8), para generar la segunda versión de la figura 8-(9).

**4-Estudio 8 Ligeti Programación.zip** - Programación de DM-D para la recreación de los 25 primeros compases del Estudio para piano N° 8, *Fem*, de G. Ligeti, mostrada en las figuras 8-(21), 8-(23) y 8-(35).

**5-Hammam, Tres Recit And Programación.zip** - Programación de DM-D empleada para la generación del 3<sup>er</sup> movimiento, *Hammam*, de la obra Tres Recitativos Andalusíes, de Luis Robles, mostrada en las figuras 9-(1), 9-(2) y 9-(6).

**6-Elipses Musicales Programación.zip** - Programación de DM-D empleada en la generación de las elipses musicales mostradas en la figura 9-(10).

**DM-D Setup 1\_160611.exe** - Archivo de instalación de la versión 1.160611 de DM-D.





## APENDICE I

### Experimentación Preliminar: Detalles técnicos de la Transformación

La técnica aplicada por la función de transformación del ámbito sonoro que realiza el programa secuenciador *Sonar* consiste en una reorganización interválica proporcional que se ilustra en la siguiente figura:

Correspondencia de la Transformación (Do2 - La6)

( 1/2 1/2 1/2 ) 1 1/2 1/2 1 1/2 1/2

Escala Cromática Original (Sol2 - Re6)

Fig. I - (01). Correspondencia entre las notas del ámbito de partida y el resultado para cada una de ellas en el ámbito transformado, tal y como se aplicó en la Experiencia Preliminar.

El pentagrama inferior representa la escala cromática completa del ámbito de partida, que discurre desde Sol2 hasta Re6. Y el pentagrama superior indica en qué nota exacta se transforma cada una de las inferiores para adaptarse al ámbito transformado, desde Do2

hasta La6, el cual fue en su día elegido de manera arbitraria, agregando una 5ª justa a los extremos del ámbito de partida.

Como puede apreciarse, la función del programa establece automáticamente una ampliación de un tono por cada dos semitonos, de manera recursiva. Este patrón tan sólo se ve modificado en los tres primeros intervalos, con el objeto de no sobrepasar el Do2 establecido como límite inferior.

Como es lógico, en la zona intermedia del ámbito, en torno a Fa#4, ambas escalas coinciden. Y, como puede observarse, la transformación produce diferentes notas para la misma nota de partida. A modo de ejemplo, las diferentes notas Do en la escala de partida se ven transformadas en Re#, Sib, Re y Fa#, sucesivamente, lo cual garantiza ese resultado *pseudo-dodecafónico* que perseguimos.

Por último, insistimos en que la elección del ámbito ampliado resultó completamente arbitraria. Podría haber sido escogido un intervalo diferente de ampliación, que arrojase unos resultados completamente simétricos, sin la asimetría inicial. De repetirse actualmente la experiencia, podría también llevarse a cabo con un *software* diferente, más adecuado para la manipulación matemática de notas musicales que un programa secuenciador. Como el mismo *DM-D*, que en aquel momento aún no existía.

Sin embargo, hemos querido presentar la experiencia tal y cómo fue realizada en su momento, resaltando también el carácter documental. Y aclarando, en cualquier caso, que resulta un tanto indistinto el tipo de transformación que sea aplicado. La Armonía Tonal es tan precisa en sus planteamientos que prácticamente cualquier transformación interválica que se le aplique, con mayor o menor grado de simetría interna, garantiza su completa anulación. Aquél era nuestro objetivo ante tal experiencia, y consideramos que fue alcanzado.

## APENDICE II

Jesús Rueda Azcuaga

### Aplicación a posteriori del factor armónico en su obra

Jesús Rueda es un compositor español, nacido en Madrid en 1961. Discípulo, entre otros, de Luis de Pablo y de Francisco Guerrero, cuenta con una amplia y consolidada trayectoria artística, de dimensión internacional, que fue reconocida en el año 2004 con el Premio Nacional de Música que otorga el Ministerio de Cultura de España.

A partir de entrevista directa con el compositor tuvimos la ocasión de conocer cómo, durante años y en parte de su obra, ha desarrollado un sistema compositivo propio mediante el cual elabora toda la trama temática, textural y formal de la obra para, completamente a posteriori, realizar la aplicación de alturas y color armónico. El procedimiento resulta totalmente similar al de *Designing Music*, con la salvedad de que en el caso de Rueda ha sido llevado a cabo de manera estrictamente manual, sin apoyo informatizado alguno.

Para su puesta en práctica, Rueda escribe en papel milimetrado un boceto de la obra que contiene toda la información de ritmo, perfil melódico, textura, forma e incluso dinámica y agógica de la pieza. Sin embargo, al carecer de pauta las alturas de las notas resultan imprecisas, representando exclusivamente dichos perfiles melódicos, en ningún caso alturas concretas. Posteriormente, en una segunda fase, traslada el boceto a la escritura final en pentagrama aplicando, ahora ya sí, el color armónico deseado. Según el propio Rueda, la obra *es construida en su totalidad durante la primera fase, sin ningún tipo de concepción armónica*. En la segunda simplemente le aplica *la piel*, es decir, la armonía, que bajo este método representa una especie de capa externa de carácter casi complementario.

Ofrecemos una muestra gráfica de la implementación de estas dos fases con un fragmento de su Cuarteto de Cuerda N° 2, compuesto en el año 2003.

The image displays a handwritten musical score for a quartet, consisting of two systems of four staves each. The notation is written on yellowed, millimeter-ruled paper. The first system features a variety of rhythmic patterns, including eighth and sixteenth notes, and rests. Dynamics such as *pp* (pianissimo) and *cresc.* (crescendo) are indicated. The second system includes more complex rhythmic structures, such as triplets and sixteenth-note runs. Performance instructions like *molto*, *espres.* (espressivo), and *con bat. con aell.* (with battement and accent) are present. The score concludes with a *Reexposición en pp* (Reexposition in pianissimo) section, marked with a *3/4* time signature and a tempo of *♩: 90*. The final measures are marked with *cresc. poco* and *pp*.

Fig. II - (01). Cuarteto N° II, Jesús Rueda (fragmento). Estructura previa en papel milimetrado y resultado posterior una vez aplicadas alturas determinadas. Material facilitado por el propio autor.

## Entrevista a Jesús Rueda

Transcribimos la entrevista realizada por Luis Robles a Jesús Rueda, el día 16 de junio de 2015 en Madrid, en la que el propio compositor explica su método de trabajo y sus consideraciones acerca de él. Dentro de este método, perfila el papel que para él supone el plano armónico y las razones para posponer su aplicación.

**[Luis Robles] ¿Cómo orientas tu obra para disociar la trama temático-formal de la componente armónica?** [Jesús Rueda] Trabajo con papel milimetrado, donde escribo el esqueleto rítmico-textural de la obra. Para mí si ese esqueleto está correcto, la obra no me falla. De la piel, la armonía o el registro interválico tengo realmente la sensación de que se puede escribir lo que se quiera que la obra va a funcionar. La armonía es sólo una piel y es algo que decido después de elaborar la estructura.

**Eres el primer compositor del que tengo constancia que trabaja de esta manera.** Esa concepción estructural está heredada de Paco Guerrero. Él trabajaba con la combinatoria, era serial. A partir de las series de números generaba todo.

**Entonces, tu método de trabajo está heredado pero es distinto, porque tú sí que pospones el factor armónico completamente.** Sí, en ese sentido no tiene nada que ver. Yo muchas veces tengo la sensación de que compongo dos veces. Una que es la estructura o la forma y luego le pongo la piel, lo que puede suceder mucho después.

**Es una pena que no hubieras tenido DM-D, porque habrías trabajado solamente una vez. Permite colorear toda una trama rítmico-melódica con los agregados armónicos que se desee, de manera que se automatiza el proceso.** ¡Con la de tiempo que he perdido! [Risas] Qué maravilla, voy a tener que ver ese programa ¡Me lo vas a tener que explicar! [Más risas]

**Suelo partir de un paralelismo entre arte plástico y música, que no es mío, aparece por ejemplo recurrente en la literatura.** Sí, es constante... **Los artistas plásticos pueden concebir primero una trama estructural y posteriormente aplicar el color. Mientras que desde los orígenes de la polifonía se ha partido de la idea armónica, o**

**la idea armónica ha estado condicionándolo todo y a partir de ahí se escribe la obra. Uno de los objetivos de DM-D es explorar la inversión de ese proceso. Lo que no sabía es que había alguien como tú que lo hacía a mano.** Yo creo que habrá más compositores, tiene que haberlos, aunque tampoco los conozca. Tiene que haber más gente que lo vea así. Tiene que haber creadores que lleguen a ello porque les resulte práctico, yo ya no puedo verlo de otro modo. Es verdad que puedo aproximarme a la composición de manera diferente, sentado al piano como lo hago a veces. Pero si estoy con un gran proyecto, como el concierto de clarinete en el que ahora trabajo, tengo que estructurarlo así porque sé que va a funcionar. Y si no lo hago así sé que no funciona, o me va a costar mucho más trabajo. Sin embargo, trabajando en papel milimetrado controlo las relaciones temporales, las imitaciones, cómo va creciendo, cómo se responden unos a otros.

**Estoy de acuerdo en que muchos compositores concebimos de esa manera plástica la creación musical, sin embargo no se había planteado una inversión tan radical de la elaboración armónica.** Sí, lo aprendimos así. Ahora ya me da igual, pero hace unos años daría vergüenza decir que dejo la armonía para el final porque paso de ella. No es que no me importe, me interesa muchísimo, soy un compositor armónico, pero es otra dimensión. Y ahora no tengo ningún problema, pero entonces sí me hubiera dado reparo, porque parece que todo tuviera que estar creado al mismo tiempo. Esa disociación me ayuda mucho porque, cuando estás motivado y trabajando, la escritura tiene que tomar una cierta velocidad y avanzar rápido. Entonces, si tienes que estar controlando todos los parámetros al mismo tiempo no pasas, te quedas.

**O sea, priorizas en lo que te hace controlar el proceso musical...** Y vas para adelante, luego ya le aplicarás el plano armónico. Además, incluso el hecho de disociarlo hace que también puedas estar potenciando más el conjunto. Has potenciado en primer lugar la estructura y después vas a potenciar la armonía, de tal modo que sale casi reforzado el producto final. También es verdad que has de escribir la música dos veces, pero el trabajar así me tranquiliza. Y me permite reforzar la parte armónica que para mí, insisto, es una parte importante, pero es otra cosa...

### APENDICE III

Carta de Dominik Hörnel, autor de Tonica-Fugata, 11 de junio de 2015

Hello Luis,

thank you for contacting us. I am one of the tonica authors.

You are right that the algorithmic composition part within tonica is based on AI methods. Some of them are mentioned in the user manual. Most prominently, tonica uses neural networks to learn and reproduce various harmonic styles (e. g. Bach, Reger, Jazz, Pop). tonica also lets you create your own harmonic style from music examples. Other AI methods employed are based on pattern matching and dynamic programming.

You will understand that I can not report details about how these AI methods are applied in tonica. But you will find some of my publications that are closely related to what tonica does - most detailed in my doctoral dissertation about "Learning Musical Structure and Style with Neural Networks" which is written in German, however. Here are some publications in English:

[Hörnel96a] Hörnel, D. & Ragg, T. 1996. „Learning Musical Structure and Style by Recognition, Prediction and Evolution.“ Proceedings of the 1996 International Computer Music Conference. International Computer Music Association, pp. 59-62.

[Hörnel97c] Hörnel, D. 1997. „MELONET I: Neural Nets for Inventing Baroque-Style Chorale Variations.“ Advances in Neural Information Processing 10 (NIPS 10). M. I. Jordan, M. J. Kearns, S. A. Solla (eds.), MIT Press, pp. 887-893.

[Hörnel98c] Hörnel, D. & Menzel, W. 1998. „Learning Musical Structure and Style with Neural Networks.“ Computer Music Journal, Vol. 22, No. 4, pp. 44-62.

[Hörnel04] Hörnel, D. 2004. „ChordNet: Learning and Producing Voice Leading with Neural Networks and Dynamic Programming". Journal of New Music Research, Vol. 33, No. 4, pp. 387-397.

Hope that will help you with your doctoral research.

Best regards,

Dominik Hörnel



## APENDICE IV

Documentación de DM-D incluida  
como archivo de ayuda dentro del propio software

### 1. USO DE BLOCKNOTE

- BlockNote es un programa editor HTML, externo y complementario a DM-D. Su uso es muy intuitivo, como cualquier editor de texto, y cuenta con una buena ayuda propia en la que aclarar cualquier duda. No obstante ofrecemos algunas indicaciones para un uso más cómodo e inmediato:

1 - Es preferible desactivar la opción View -- Show Layout , pues cuando está activa aparecen unas líneas de referencia que incomodan la visión las tablas.

2 - Igualmente, es recomendable desactivar todas las Toolbar (opción View del menú), pues no se usan con DM-D y restan espacio a la ventana de edición.

3 - Añadir filas a las tablas no resulta demasiado intuitivo, y es una acción necesaria en DM-D para añadir generadores o cálculos. Aunque está documentado en la ayuda de BlockNote, describimos cómo se realiza:

Para añadir o insertar una fila en una tabla, hay que pinchar con el ratón a la derecha de la fila anterior, fuera de la tabla. El cursor se sitúa justo en la línea exterior de la tabla. Pulsando la tecla <enter> se añadirá una fila por debajo.

### 2. OPCIONES DEL MENÚ DE DM-D

- A continuación se describen las funciones del Menú de DM-D:

- **PROJECT:**

- **New:** Borra todos los archivos contenidos en la Carpeta de Trabajo, y carga los de la plantilla, en blanco, preparados para iniciar un nuevo proyecto.

- **Open:** Borra todos los archivos contenidos en la Carpeta de Trabajo y transfiere los archivos de la Carpeta de Proyecto a la Carpeta de Trabajo.

- **Save:** Transfiere los archivos de la Carpeta de Trabajo a la Carpeta de Proyecto.

- **Exit:** Cierra DM-D.

- **OPTIONS:**

- **Edit Information:** Abre en el editor el archivo "infor.txt", para incluir comentarios sobre el proyecto.
- **Edit Harm. Options:** Abre en el editor el archivo "conar.txt" para editar las opciones de configuración de Harmonizer.
- **Folders:** Permite configurar las 3 carpetas que DM-D utiliza.
- **Open Midifile:** Cuando esta opción está señalada, al finalizar una compilación de Composer o Harmonizer, se abre automáticamente el archivo MidiFile generado. Es muy útil si se asocian los archivos MidiFile con un editor de partituras, pues el efecto es que se abre automáticamente la partitura en este editor al concluir DM-D su trabajo.
- **Language:** Permite escoger el idioma de presentación de mensajes y de información de DM-D. Actualmente Inglés y Español.

- **RESTO DE FUNCIONES:**

- **Composer:** Activa el módulo Composer, realizando la compilación completa y generando el archivo "outco.mid":
- **Harmonizer:** activa el módulo Harmonizer, realizando la compilación completa y generando el archivo "outar.mid".
- **All:** Activa el módulo Composer y, al finalizar éste, el módulo Harmonizer.
- **Stop:** Permite interrumpir el módulo Harmonizer. Es muy útil pues, con determinadas configuraciones, el funcionamiento de este módulo puede ralentizarse excesivamente.
- **Erase:** Borra el contenido de la pantalla de DM-D.
- **Help:** Se accede a la Documentación de DM-D.
- **WFolder:** Abre una ventana de Explorador de Archivos de la Carpeta de Trabajo.
- **PFolder:** Permite seleccionar la Carpeta de Trabajo.

### 3. SINTAXIS DE COMPOSER

#### **3.1 TABLA DE CONFIGURACIÓN**

- **Nº de Compases:** Número máximo de compases que DM-D generará. Depende también de la duración de la actividad de cada generador.
- **Tempo:** Indicación del tempo en partes por minuto.

- **Partes por compás:** Numerador del compás en el que se generará la salida de Composer.
- **Denominador compás:** Duración de la parte, según la convención habitual.
- **Clicks por parte:** Si este valor se deja a 0, el programa asigna un valor por defecto (96 si la parte es blanca, 48 si es negra, 24 si es corchea, etc...) que corresponde con 12 clicks a la semicorchea. Si el valor es diferente de 0 se asigna directamente el valor introducido. Los 48 clicks de negra permite trabajar bien con tresillos y seisillos. Con otro tipo de grupetos es interesante cambiar el valor. En el campo <divisions> del archivo xml de secuencias indica el nº de clicks que debemos introducir en ese caso. Como nº máximo y que asegura cualquier grupeto se puede introducir 1024 (que es el máximo que usa el formato xml para <divisions>) si bien quizás pudiera producir algún error el programa, por lo alto del valor.
- **Semilla:** usada para inicializar los números aleatorios. Puede valer entre 0 y 65000. Si vale 0 la generación de semilla la hace el programa, si no, se usa como semilla el número introducido.

### 3.2 VARIABLES

- Se definen en la 1ª columna de las tablas (cálculos y nombres de generadores), y almacenan el valor de ese cálculo o ese generador.
- Pueden tener hasta 29 caracteres, exclusivamente letras y números.
- El primer carácter no puede ser un número.
- Los generadores añaden otras 2 variables:
  - Nombre + i = Valor de disparo.
  - Nombre + u = Valor de duración.

### 3.3 COMENTARIOS

- Igual que en C++: cualquier expresión, en cualquier casilla de las tablas, precedida de // no será tenida en cuenta.

### 3.4 OPERADORES ARITMÉTICOS

+	suma
-	resta
*	multiplicación
/	división
&&	Y lógico
	O lógico
>	mayor que
<	menor que
>=	mayor o igual que
<=	menor o igual que
==	igual que
!=	distinto que

### 3.5 CONDICIONAL

$(a > b \ ? \ v1 : v2)$   
 $(a < b \ ? \ v1 : v2)$   
 $(a \geq b \ ? \ v1 : v2)$   
 $(a \leq b \ ? \ v1 : v2)$   
 $(a == b \ ? \ v1 : v2)$   
 $(a != b \ ? \ v1 : v2)$

Donde a, b, v1 y v2 pueden ser expresiones.

Valor de salida: v1 si la condición es cierta, v2 en caso contrario.

### 3.6 FUNCIONES MATEMÁTICAS

int(x)	Parte entera de x
frac(x)	Parte fraccionaria de x
abs(x)	Valor absoluto de x
exp(x)	Nº e elevado a x
log(x)	Logaritmo de x
pow(x,y)	x elevado a y
sqrt(x)	Raíz cuadrada de x
sin(x)	Seno de x
cos(x)	Coseno de x
nrand(x)	Valor entero aleatorio entre 0 y x.
itp(x1,y1,x2,y2,x)	Interpola valores de forma lineal, siguiendo la ecuación la recta. Parte de 2 pares de puntos, que definen la recta. Para un valor dado de X devuelve un Y.
li(a,b) y lv(c,v)	Funciones de uso conjunto para definir listas de valores. li(a,b) sólo es un inicializador y siempre devuelve 0. lv(c,v) devuelve v si c=a y b!=0. Su uso se realiza de la manera: li(a,b) + lv(c1,d1) + lv(c2,d2) ...etc.
lr(c,d,v)	Función de inclusión en rango, parecida a lv(), de uso conjunto con li(a,b). lr(c,d,v) devuelve v si a se encuentra en el rango c-d ( $c \leq a \leq d$ ) y b!=0.

### 3.7 CONSTANTES NOTAS MIDI

- En las funciones de Composer puede utilizarse una nomenclatura simplificada para la altura de Notas Midi.

- El protocolo Midi establece unos valores de 0 a 127 para la altura de nota. Así es interpretado en la tabla de Salida para generar el archivo MidiFile. El valor de referencia es el Do central del piano, que tiene un valor de 60.

- Para facilitar la escritura de Notas Midi, la hoja de edición de Composer admite una nomenclatura de 3 letras, según se explica:

- 1ª Letra: Nombre de la nota, de A hasta G
- 2ª Letra: Octava, desde 0 hasta 9
- 3ª Letra: Modificador. Tiene que ser uno de estos tres:

n - natural  
b - bemol  
# - sostenido

Así, por ejemplo, **C4n** es el Do central del piano, que tiene el valor midi 60. La siguiente tabla muestra los valores Midi para las distintas octavas.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>C</b>	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
<b>C#</b>	13	25	37	49	61	73	85	97	109	121
<b>D</b>	14	26	38	50	62	74	86	98	110	122
<b>D#</b>	15	27	39	51	63	75	87	99	111	123
<b>E</b>	16	28	40	52	64	76	88	100	112	124
<b>F</b>	17	29	41	53	65	77	89	101	113	125
<b>F#</b>	18	30	42	54	66	78	90	102	114	126
<b>G</b>	19	31	43	55	67	79	91	103	115	127
<b>G#</b>	20	32	44	56	68	80	92	104	116	---
<b>A</b>	21	33	45	57	69	81	93	105	117	---
<b>A#</b>	22	34	46	58	70	82	94	106	118	---
<b>B</b>	23	35	47	59	71	83	95	107	119	---

### 3.8 EJECUCIÓN DE COMPOSER

- Para cada click temporal, los cálculos se evalúan, por defecto, según el siguiente orden:

- Tabla de cálculos.
- Tabla de generadores de ondas.
- Tabla de generadores de secuencias.
- Tabla de salida.

- Y dentro de cada tabla, las filas (generadores) se evalúan por defecto en orden descendente, y las celdas de izda. a dcha.

- No obstante, puede ser alterado el orden de evaluación de los diferentes generadores (incluso entre generadores de distintos tipos) a través del valor de prioridad. Los generadores con valores más bajos de este campo son evaluados antes. A valores iguales se sigue el criterio por defecto antes expuesto.

### 3.9 GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS

- Significado de cada columna de configuración:

- **Momento de cálculo:** 0 si los valores del generador se calculan siempre, 1 si se calcula al inicio de cada periodo de la onda, 2 si se calcula al finalizar una nota.
- **Compás de inicio:** Momento en que inicia su actividad el generador. La numeración comienza en el compás 1.

- **Clicks de inicio:** valor que se añade al anterior (Comás de inicio). La numeración comienza en 0. Cada compás tiene un total de ((clicks por parte) \* (partes por compás)). (Valor habitual de clicks por parte = 48).
- **Periodo de la onda, compases.**
- **Periodo de la onda, clicks:** se añaden al valor anterior.
- **Periodo entre nota y nota:** se especifica en clicks.
- **Duración de la actuación,** en compases: es lo que dura la actividad del generador.
- **Duración de la actuación,** en clicks: se añaden al valor anterior.
- **Duración de la nota,** en clicks.
- **Forma de onda:** 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.
- **Valor máximo de la onda:** valor entre 0 y 127.
- **Valor mínimo de la onda:** valor entre 0 y 127. (Si el valor mínimo es superior al valor máximo, se invierte la onda).
- **Salida discreta:** discretiza la salida, que en vez de ser continua va "a saltos" si este valor es diferente de 0. (Por ejemplo, si el valor es 2 la salida valdrá 0, 2,4,6, etc...)
- **Prioridad** (ver funcionamiento en EJECUCIÓN). Puede adoptar cualquier valor entre 0 y 64000.

### 3.10 GENERADORES DE SECUENCIAS

- Las secuencias deben encontrarse codificadas en lenguaje XML.
- Se encuentran separadas por una doble barra simple (no de final).
- Si hay varios pentagramas simultáneos (por ejemplo, tipo piano a 2 pentagramas) se toma lo de todos ellos como contenido de la secuencia.
- Significado de cada columna de configuración:
  - **Momento de cálculo:** 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio de la secuencia, 2 si se calcula al finalizar una nota (no está verificado el funcionamiento de 2).
  - **Número de secuencia:** la numeración comienza en 0.
  - **Compás de inicio:** Momento en que inicia su actividad el generador. La numeración comienza en el compás 1.
  - **Clicks de inicio:** valor que se añade al anterior. La numeración comienza en 0. Cada compás tiene un total de (clicks por parte \* parte). (Valor habitual de clicks por parte = 48).
  - **Aumentación:** Partes que se añaden o se restan a la duración de la secuencia (a efectos de cálculo, si la secuencia comienza en anacrusa, se toman también los silencios anteriores que completan el compás). Aunque se introduzcan offsets de comienzo o final de la secuencia, la aumentación siempre se calcula respecto al total de la secuencia.
  - **Nota de inicio:** nota de comienzo de la secuencia. La primera se numera como 1 (valor por defecto). Si el valor es inferior a 1, se toma 1.
  - **Notas que se quitan al final:** notas con las que se acorta la secuencia por el final. El valor por defecto es 0 (no se quita ninguna).
  - **Silencio final:** en semicorcheas.
  - **Duración de la actuación,** en compases: es lo que dura la actividad del generador.
  - **Duración de la actuación,** en clicks: se añaden al valor anterior.
  - **Tipo de movimiento:** 1-Mvto. directo; 2-Contrario; 3-Retrogrado; 4-Contrario y retrog.

- **Transporte límite superior:** Semitonos que se añaden o quitan (valores negativos) al límite superior de la secuencia.
- **Transporte límite inferior:** Semitonos que se añaden o quitan al límite inferior de la secuencia. Un valor positivo hace ascender el límite inferior. El negativo, lo contrario.
- **Salida continua:** si este valor es 1 el valor de salida entre nota y nota se interpola de entre las 2 notas contiguas correspondientes. Si es 0 se mantiene el valor de la última nota generada.
- **Prioridad** (ver funcionamiento en EJECUCIÓN). Puede adoptar cualquier valor entre 0 y 64000.

### 3.11 TABLA DE SALIDA

- La primera columna sirve para desactivar una salida. Si se escribe cualquier carácter en esa columna, la salida correspondiente a la fila queda desactivada.
- Si la columna de Instrumento está vacía, se toma 1 como instrumento por defecto. Puede valer de 1 a 16 (canales MIDI). Cualquier número fuera de ellos desactiva la salida.
- Si la columna de Valor está vacía, esa salida estará desactivada.
- Si la columna de Velocidad está vacía, se toma 100 como valor por defecto.

## 4. CONFIGURACIÓN DE HARMONIZER

- Se realiza editando el archivo "conar.txt". A él se puede acceder a través del menú en Options --> Edit Harm. Options.
- En cualquier momento se puede introducir un comentario. La única característica que debe cumplir es que comience por un carácter que no sea letra.

### Music Configuration

Music Source	Procedencia de la información de música: 0: inmus.xml 1: outco.cpd 2: inarm.xml 3: outco.mid
First Music Ins	Pentagrama (o canal MIDI) a partir del que se lee el archivo de música (El 1º es 1)
Last Music Ins	Pentagrama (o canal MIDI) hasta el que se lee el archivo de música

### Harmony Staves and Instruments

First Harm Ins	Nº de pentagrama a partir del cual se encuentra la info de armonía (El 1º es 1). (Si vale -1, la armonía se lee donde acaba la música, en el caso de que ambos usen un único archivo)
Harm Ins Num	Nº total de pentagramas que se leen para la armonía. El 1º es escalas. Un valor muy alto quiere decir que se lee todo.
Mel Ins	Instrumento de melodía. Funciona de manera similar al del bajo
Bass Ins	Instrumento de bajo. Posibilidades: >= 1: Nº de Instrumento que contiene el bajo -1: Detección automática de bajo -2: No se desea tratamiento de bajo para ningún instrumento

## Notes

Divide Notes	Flag que indica si se han de dividir notas largas afectadas por cambios armónicos. 1 si se divide, 0 si no.
Min Notes In Line	Nº mínimo de notas que pueden formar una línea
Harm Unit Note Limit	Nº máximo de notas que pueden formar una unidad de armonización. Como tope, el programa establece un límite de 100. Es útil bajarlo (a 8 ó 10) si las armonías permanecen muchos compases, pues acelera mucho la armonización.
Hole For Line	Hueco máximo entre notas, en semicorcheas, para considerarlas línea.
Opening Int	Distancia máxima, en semitonos, que se permite en desplazamiento de las notas armonizadas respecto a las originales
Themt Contour Coef DF Themt Contour Coef 00 Themt Contour Coef BA Themt Contour Coef ME	Modificación de los coeficientes de valoración del contorno temático. Son ajustables para cada instrumento (DF: default, 00-01-02-etc: nº de instrumento, BA: bajo, ME: melodía). El valor por defecto es 100. La lista es: Padre, Ligada, Desviación, Inversión, Segunda-unísono, Bajo, Melodía.

## Nonharmonic Tones

Non Harm Tone Dur	Duración máxima de nota extraña, en semicorcheas. Este valor es muy importante, pues controla también la máxima separación entre notas extrañas. La apoyatura es una excepción, y puede durar hasta el doble de este valor.
Non Harm Tones Sort DF Non Harm Tones Sort 00 Non Harm Tones Sort BA Non Harm Tones Sort ME	Tipos de notas extrañas permitidos en cada instrumento (DF: default, 00-01-02-etc: nº de instrumento, BA: bajo, ME: melodía) Se establecen con una fila de 1 ó 0. Los campos son: [an dn ap dp ua da ae de]. Cada pareja es: Floreo, Paso, Apoyatura, Escapada.

## Linking

Link Limit	Límite de unidades que se concatena: 0: Ninguna concatenación ( usa 1 unidad y sólo armoniza una armonía) 1: Una concatenación (usa 2 unidades y hace una concatenación entre ellas) Valor muy alto: El límite de concatenaciones viene dado por el Nº de unidades existente, definido por UDAR
Limit Notes Third In	Límite de notas en la ud 3a y sucesivas para concatenar con la ud anterior
Limit Notes Third BM	Igual que Limit Notes Third In, pero si la línea es Bajo o Melodía
No Link Act	En caso de que no haya concatenación (Link Limit=0) se actúa así: 0: Se anulan las notas padre 1: Se fuerza que la última nota sea real en todas las líneas
Limit One Link	Si vale 1 establece un límite cuando tenemos una sola concatenación (Link Limit =1). Se hace una concatenación limitada entre od0 y od1 con sólo las VENTANA primeras notas de od1.



## Other

Clicks Quarter	Nº de Clicks usados por negra (no confundir con Composer, que usa clicks por parte), cuando el origen de la música es el archivo XML (si no, el valor se coge del archivo cpd). Si no se indica, se establece un valor de 1024 por defecto, que asegura el correcto tratamiento de todos los grupetos.
Debug	Si vale 1, genera archivos de Debug. Si vale 0, no.
Show Line Info	Si vale 1, muestra información detallada de línea durante la armonización.

## 5. GESTIÓN DE ARCHIVOS

### 5.1 CARPETAS

- **Carpeta de plantilla.** Contiene la plantilla de "incom.htm", una configuración por defecto de "conar.txt", y un archivo vacío de "infor.txt"
- **Carpeta de trabajo.** Contiene todos los archivos
- **Carpetas de proyecto.** Son carpetas en las que se guardan los diferentes proyectos que se realizan con DM-D. Su nombre (NOMBRE) se incorpora al de los archivos al salvarlos desde la Carpeta de Trabajo. A la inversa, cuando se recupera un trabajo desde una Carpeta de Proyecto a la Carpeta de Trabajo, se borra el nombre de la carpeta de procedencia (NOMBRE).

La información de las carpetas se guarda en el archivo " dmdfolders.cpd ", que se encuentra en la misma carpeta que el ejecutable.

### 5.2 ARCHIVOS

- La parte "-NOMBRE" del nombre de los archivos sólo aparece cuando se salvan en una carpeta de proyecto. Como archivos de trabajo no existe.

Descripción:

"infor-NOMBRE.txt" -- Archivo de texto que permite realizar una descripción del proyecto (también puede tener la extensión ".cpd". En caso de existir 2 archivos con las 2 posibles extensiones, DM-D leerá sólo el ".cpd")

Composer:

"incom-NOMBRE.htm"-- Archivo HTML de entrada (también puede tener la extensión ".htc". En caso de existir 2 archivos con las 2 posibles extensiones, DM-D leerá sólo el ".htc")

"insec-NOMBRE.xml" -- Archivo XML de secuencias de entrada

"outco-NOMBRE.mid" -- Archivo midi de salida

"outco-NOMBRE.cpd" -- Archivo de texto de salida

Harmonizer:

"**conar-NOMBRE.txt**" -- Archivo de configuración del Armonizer (también puede tener la extensión ".cpd". En caso de existir 2 archivos con las 2 posibles extensiones, DM-D leerá sólo el ".cpd")

"**inmus-NOMBRE.xml**" -- Archivo XML de música (entrada)

"**inarm-NOMBRE.xml**" -- Archivo XML de armonía (entrada)

"**outar-NOMBRE.mid**" -- Archivo Midi de salida

### **5.3 GESTIÓN DE ARCHIVOS**

#### **1 - NUEVO PROYECTO:**

- Se borran todos los archivos de la Carpeta de Trabajo y se copian a esta carpeta de trabajo los contenidos de la Carpeta de Plantilla.

#### **2 - ABRIR PROYECTO:**

- Se copian a la Carpeta de Trabajo todos los archivos encontrados en la Carpeta de Proyecto y se les quita el "-NOMBRE"

#### **3 - SALVAR PROYECTO:**

- Se copian todos los archivos de la Carpeta de Trabajo y se salvan en la de proyecto, intercalando "-NOMBRE" antes de la extensión.

## APENDICE V

### DM-D: Especificaciones Técnicas y Detalles de Desarrollo

#### **1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

El software DM-D ha sido desarrollado para el sistema operativo Windows y probado con las diferentes versiones del mismo, desde la versión Windows XP hasta Windows 8. Se encuentra escrito en lenguaje de programación C y compilado con el compilador Visual C++ de Microsoft, incluido en su paquete de desarrollo Visual Studio 6.0.

La programación comprende unas 9000 líneas de código. El software se concentra exclusivamente en el proceso de datos, dado que otras tareas de interface con el usuario, como la edición musical, la edición html o el manejo de archivos, se realizan a través programas externos complementarios. Las líneas de código se distribuyen de la siguiente manera:

- Módulo Composer: 35 %
- Módulo Harmonizer: 65 %
- Interface: menos del 1 %

El paquete de instalación, en su versión actual (de 11 de junio de 2016), que incluye también el editor html BlockNote, cuenta con un tamaño total de 2,1 Megabites. Se proporciona junto a los archivos de programaciones. (+*Prog*)

#### **2. DETALLES DE DESARROLLO**

DM-D parte de un precedente elaborado por este mismo autor. Se trata de otra aplicación de composición algorítmica, denominada CSALG, desarrollada en el año 1994 con el apoyo del Laboratorio de Informática y Electrónica Musical (LIEM) del Centro para la Difusión de la Música (CDMC), dependiente del entonces Ministerio de Educación y

Cultura y ubicado en la ciudad de Madrid. CSALG era un software específicamente diseñado para el entorno de síntesis sonora por ordenador CSOUND. Este entorno es una de las herramientas más potentes y extendidas en la actualidad para tareas de síntesis sonora e investigación sobre la misma. CSOUND fue desarrollado en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) por Barry Vercoe en el año 1985, aunque al tratarse de un sistema colaborativo y de código abierto, el proyecto ha experimentado numerosas extensiones y ampliaciones hasta nuestros días por parte de multitud de colaboradores.

Dado que CSOUND se orienta hacia la síntesis sonora, cuenta con potentísimas funciones para tal fin. Sin embargo, CSOUND no incluye ningún compositor algorítmico para disparar los sonidos que genera. Esta tarea se realiza desde software externo en tiempo real, como un programa secuenciador, a través de un Midefile, o de manera original desde lo que en lenguaje de CSOUND se denomina un archivo de partitura o *score file* (Boulanger, 2000). El archivo de partitura de CSOUND es un simple listado de notas, en formato texto, cada una de las cuales, como en cualquier partitura, dispara un sonido. CSALG surgió como un compositor algorítmico concebido para generar específicamente este *score file* de CSOUND, con dos características concretas. La primera el empleo, en la programación algorítmica de notas, de la misma sintaxis que se utiliza en la programación de la síntesis sonora (lo que en lenguaje de CSOUND se conoce como *la orquesta*). De esta manera, conociendo el lenguaje de programación sonora convencional de CSOUND resultaba posible programar CSALG. La segunda característica era, dadas las similitudes de sintaxis y su carácter de código abierto<sup>48</sup>, la reutilización del código original de CSOUND para la programación de CSALG, en concreto el núcleo del compilador de CSOUND y sus funciones básicas, todas ellas escritas en lenguaje C.

En el año 2004 se inicia la programación del módulo Composer, desarrollando una primera versión cuya programación musical se realizaba dentro del propio lenguaje C. Ello requería el uso de un compilador C cada vez que se quería programar una obra musical. Surge así la necesidad de contar un interfaz de usuario que incorpore un compilador propio. Para ello, se eligió el lenguaje HTML para la parte gráfica por su

---

<sup>48</sup> Se entiende por *código abierto* un código de programación informática, independientemente de su lenguaje, que se hace público y se ofrece para ser empleado libremente, en parte o en su totalidad, renunciando a protecciones legales específicas de propiedad.

universalidad y se reutilizó e integró el compilador de CSALG dentro de Composer. Esta es la razón de que la sintaxis funcional dentro de Composer resulte muy similar a la de CSOUND.

A finales del año 2005, cuando Composer se encontraba ya conformado y operativo en sus líneas básicas, se inicia la programación del módulo Harmonizer, la cual se extiende hasta el año 2007. Dada la escasez, casi inexistencia, de sistemas armonizadores de naturaleza similar, Harmonizer se desarrolla a partir de la teoría convencional de la armonía tonal clásica y de algoritmos elaborados por el propio autor. A pesar de su operatividad de usuario aparentemente sencilla, sobre éste módulo Harmonizer recae la mayor parte del esfuerzo de programación, la cual reviste una considerable complejidad y acapara, como se ha expuesto, el 65% del código escrito.

Desde el año 2007 hasta el año 2010, en el que DM-D es publicado en su versión actual, se realizan diversas tareas. En el plano técnico se procede a una sistemática puesta a punto y depuración del código del programa, detectando y eliminando errores de programación. Como pruebas de operatividad de la teoría de Designing Music, se desarrollan ejemplos de imitación estilística en estilo Barroco, Clásico-Romántico y Contemporáneo. En el plano artístico se acomete la composición y estreno de las primeras obras elaboradas a través de DM-D. Se inicia también la labor de divulgación de Designing Music y DM-D, con acciones como la creación de una web específica, la elaboración e inclusión de un tutorial didáctico para la misma, y la presentación en ponencias, cursos y congresos. Citamos, entre ellos, las *Jornadas de Informática y Electrónica Musical* de los años 2007 y 2010 organizadas por el CDMC, el curso de verano de la Universidad de Burgos *La Informática al servicio del Músico* en el año 2010, o el *I Congreso de Estética y Filosofía* en la Universidad de Salamanca, también en el año 2010.



## APENDICE VI

### Ejemplos 6-(6) y 6-(11) Detalles Técnicos de Programación

En el ejemplo 6-(6) se presenta un fragmento musical de tres compases y cuatro pentagramas generado a través de una programación algorítmica del módulo Composer. Reproducimos de nuevo el ejemplo:



*Fig. 6 - (6). Ejemplos de operación básica de los generadores de Composer y combinaciones entre ellos. A muestra la salida de un generador de ondas continuas programado con forma de onda en diente de sierra. B muestra la salida de un generador de secuencias cuyo motivo a repetir es el recuadrado. (A+B) es el resultado de sumar a B el valor de A. (A+B)' ha sido producido eliminando algorítmicamente y de forma aleatoria un 30% de las notas de (A+B).*

La Hoja de Programación de Composer empleada para generar este fragmento musical se muestra a su vez en el ejemplo 6-(11) , que volvemos también a reproducir:

#### CONFIGURACION

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Valor	3	120	4	4	0	0

#### CALCULOS

TCAL	Expresión	Comentario
Silen	(nrand(10)>3)	

#### GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clicks	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad
V.def.	2	1	0	1	0	12	16	0	12	1	80	64	0	30
Gen1				0	168	24			24	3				
Gaux				0	12						Silen	Silen		

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del periodo, 2 si se calcula al finalizar una nota.  
Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.

#### GENERADORES DE SECUENCIAS

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua
V.def.	1	0	1	0	0	1	0	4	16	0	1	0	0	0
Sec1								0						

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

#### SALIDA

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
	1	Gen1	Gen1u	Gen1i		
	2	Sec1	Sec1u	Sec1i		
	3	Sec1+Gen1-64	Sec1u	Sec1i		
	4	Sec1+Gen1-64	Sec1u	Sec1i*Gaux		

Fig. 6 - (11). Organización visual de una Hoja de Programación completa del módulo Composer. Corresponde a la programación empleada para generar el ejemplo 6 - (6).

Ofrecemos a continuación una descripción técnica de los detalles de esta programación y el modo en que la misma produce la salida musical mostrada. Nos detenemos en los que consideramos requieren aclaración, obviando los que explican por sí mismos como, por ejemplo, la tabla Configuración.



## PENTAGRAMA A:

Es producido a partir del Generador de Ondas Continuas denominado *Gen1* (ver tabla de Generadores de Ondas Continuas, primera columna). Como puede observarse a lo largo de la misma fila, los parámetros específicos de configuración de este generador son:

- Periodo de la onda: 0 compases y 168 clicks. Los *clicks* son una forma habitual de referirse a la unidad mínima de tiempo interno en sistemas de informática musical, como el mismo sistema MIDI. Composer emplea por defecto 48 clicks para la figura de negra. Por tanto, 168 clicks corresponden a 7 corcheas.
- Duración de la nota: 24 clicks, es decir una corchea.
- Forma de Onda: 3, que corresponde a *diente de sierra ascendente*, como se muestra en la leyenda pnemotécnica debajo de la tabla.
- Valores Máximo y Mínimo de la Onda: sus casillas permanecen en blanco, lo cual significa que se toman los valores por defecto, 80 y 64. Estos valores<sup>49</sup> corresponden a un  $Mi_4$  y  $Sol\#_5$ . Puede apreciarse en la onda representada en el Pentagrama A, cómo ésta se inicia efectivamente con un  $Mi_4$  pero no finaliza en  $Sol\#_5$  sino en  $Fa_5$ . Ello es debido a que el valor máximo sólo se alcanza en el instante o click anterior al inicio de un nuevo periodo de onda. En el momento de generarse esa última nota faltan todavía 24 clicks (una corchea) para que finalice el periodo de onda en curso, con lo cual el valor de la onda en ese instante es 77, que corresponde a  $Fa_5$ .

Para que la actividad del generador origine una salida musical real ha de incluirse el mismo, directa o indirectamente, en la Tabla de Salida. Cada una de las notas

---

<sup>49</sup> Composer emplea el sistema MIDI de numeración de notas, con valores comprendidos entre 0 y 127, donde el número 60 corresponde al  $Do_4$  (ver ejemplo 6-(3)).

que produce un generador queda representada por tres términos, que pueden observarse en la primera fila de la Tabla de Salida:

- El nombre mismo del generador se emplea para representar la altura de la nota con valores MIDI, entre 0 y 127. En este caso *GenI*.
- El nombre con el sufijo agregado *u* representa la duración de la nota. En el ejemplo *GenIu*. Se mide en clicks.
- El nombre con el sufijo agregado *i* se refiere al momento en que debe producirse la nota. En el ejemplo *GenIi*. Esta variable vale 1 cuando llega al momento en que ha de generarse una nota, si no adopta el valor 0.

En base a ello, la forma de operar de la Tabla de Salida es la siguiente: durante la ejecución de Composer se recorre internamente todo el tiempo de duración de la composición, desde el primer compás y primer click hasta el último, realizando todos los cálculos correspondientes en los generadores para cada click. Cuando en la Tabla de Salida se detecta que el valor de la columna *Disparo* es diferente a 0 se genera una nota con la altura de la columna *Valor* y la duración de la columna *Duración*. La nota se produce en el canal MIDI<sup>50</sup> especificado en la columna *Instrumento*. En el caso del pentagrama A se ha empleado el canal MIDI nº 1. Y números consecutivos para los restantes pentagramas.

## PENTAGRAMA B:

El pentagrama B es generado por el generador de Secuencias denominado *SecI*. Para tal fin se ha escrito en un editor musical el motivo recuadrado en el propio

---

<sup>50</sup> El canal MIDI se emplea para dirigir la información de notas hacia sonidos o instrumentos diferentes, normalmente representados por pentagramas diferentes cuando se utiliza notación musical convencional. De esa manera, las notas generadas dentro del mismo canal son incluidas dentro del mismo pentagrama o instrumento.

pentagrama B. El generador *Sec1* lo toma y, de acuerdo a su programación, lo repite invariable.

Como puede observarse, para este generador tan sólo se ha escrito un parámetro de configuración. O lo que es lo mismo, toma los valores por defecto de la fila superior. Comentamos los dos únicos que consideramos relevantes en este caso. El primero es el Número de Secuencia, cuyo valor es asignado por defecto como 0. Composer puede tratar diferentes motivos introducidos desde el editor externo. Para identificarlos, estos motivos se numeran consecutivamente comenzando por el número 0. Como en esta ocasión se maneja un único motivo, a éste corresponde el valor 0, que se toma por defecto sin necesidad de escribir nada en la casilla correspondiente.

El segundo parámetro a comentar es el valor 0 asignado al silencio final. Un generador de Secuencias repite indefinidamente el motivo correspondiente. Entre cada repetición es posible introducir un silencio. Este silencio se mide en semicorcheas y, como se ve en la tabla, su valor por defecto es 4 semicorcheas. En este caso se ha anulado el silencio, programando 0 semicorcheas.

Por último en la Tabla de Salida se ha asignado al canal MIDI 2 la salida del generador *Sec1*, lo cual es visualizado por el editor de música en el segundo pentagrama.

### **PENTAGRAMA (A+B):**

La generación de este pentagrama es muy sencilla. Ha sido programado exclusivamente en la Tabla de Salida, en la fila correspondiente al instrumento número 3. Como puede observarse, en la columna valor se han sumado directamente los valores de los dos generadores *Gen1* y *Sec1*.

A esta suma se le sustrae el valor 64. Este número se corresponde con el valor MIDI de la nota  $Mi_4$ , que es la nota de inicio de *Gen1*. Recordamos que los valores de salida de *Gen1* oscilan entre 64 y 80, por ello la operación  $Gen1-64$

arroja un resultado que oscila entre 0 y 16. Al sumar esta operación a *Sec1* el efecto final es la realización de un transporte a *Sec1* que varía entre 0 y 16 semitonos, siguiendo la forma de onda de *Gen1*.

Finalmente, para que las notas generadas correspondan a *Sec1*, se han incluido los valores de Duración y Disparo asociados a este generador.

### **PENTAGRAMA (A+B)' :**

Como puede observarse en la Tabla de Salida, la programación del cuarto pentagrama es exactamente igual que la del tercero, con el único añadido de ese factor multiplicador *Gaux* en la casilla de Disparo. Como a continuación explicaremos, *Gaux* ha sido programado para que adopte el valor 1 y ocasionalmente de forma aleatoria 0. Cuando vale 0 su efecto a través de la multiplicación es producir un valor total 0 en la casilla, lo que inhibe la posibilidad de disparo de notas aunque *Sec1i* valga 1. Esta inhibición se traduce en la aparición silencios ocasionales y aleatorios en el conjunto A+B, tal y como aparece en este cuarto pentagrama.

Para generar los valores aleatorios, se ha recurrido a la tabla Cálculos, con la intención también de ejemplificar las posibilidades de esta tabla. En ella puede observarse la siguiente expresión matemática:  $nrand(10)>3$ . Esta función utiliza la expresión *nrand*, que produce un número aleatorio entre 0 y el valor entre paréntesis, en este caso 10 (ver apéndice IV). Cuando el número aleatorio generado es mayor que 3 y por tanto la expresión en su conjunto es verídica, el valor matemático del conjunto es 1. Si no se cumple la condición, el valor es 0. Es decir, lo que se consigue es que, en un 30% de los casos en que se ejecuta, la función en su conjunto valga 0, en caso contrario 1. El valor de la función queda asociado al término *Silen*, escrito en la primera columna.

Este valor *Silen* pudiera haber sido directamente empleado como multiplicador en la casilla de la Tabla de Salida para anular un 30% de las notas. De hecho así fue probado inicialmente. Sin embargo, se produce en este caso una situación que

hemos tratado de evitar. La situación consiste en que en los puntos en los que se produce polifonía, como por ejemplo las partes fuertes de compás, la multiplicación directa con la variable *Silen* tiende a producir que se anule sólo una de las dos notas de la polifonía. Rara vez las dos simultáneamente. Dado que la probabilidad de que *Silen* adopte el valor 0 es sólo del 30%, la probabilidad de que para la dos simultáneamente valga 0 es sólo del 9%. Y para nuestro ejemplo deseábamos por claridad que, en el caso de los puntos de polifonía, si había de producirse silencio se llevara a cabo en las dos notas simultáneas.

Para tal fin, empleamos un generador auxiliar, cuyo fin no es producir ningún tipo de salida musical, sino simplemente servir de apoyo en una proceso matemático interno. Y así, de paso, mostrar un ejemplo de este tipo de operación, que resulta muy habitual en Composer y en el campo de la programación algorítmica en general. Este generador auxiliar es precisamente *Gaux*, programado como generador de Ondas Continuas. Veamos su configuración.

Como se observa en su programación, *Gaux* cuenta con un periodo de 12 clicks, es decir, una semicorchea. Y como valor máximo y mínimo de la onda el valor de *Silen*. De esa manera, lo que *Gaux* produce es la retención durante todo el periodo del valor de *Silen* al inicio del mismo. Es decir, en cada semicorchea se lee el valor de *Silen* y permanece ya estable hasta la siguiente semicorchea. Por lo tanto, la salida de *Gaux* es en realidad *Silen* pero, en vez con un cambio continuo, variando de semicorchea en semicorchea.

Esta estabilización de *Silen* durante una semicorchea es la que permite que, en el caso de polifonía, el posible valor de anulación afecte con seguridad a ambas notas. Y así se refleja en el ejemplo, en el que al inicio de los compases 2 y 3 han quedado aleatoriamente anuladas las dos notas simultáneas.



## APENDICE VII

### El archivo *conar.txt*

#### Ejemplo tipo

El archivo *conar.txt* define la configuración de trabajo del módulo Harmonizer. Su operativa es descrita en el capítulo 7. Aquí se presenta un ejemplo tipo de este archivo, que responde a una configuración estándar.

Cada línea del archivo contiene un parámetro numérico de configuración precedido del signo *igual*: = . Este parámetro es editable y modificable desde cualquier editor de texto, al encontrarse el archivo en formato texto básico. En algunos casos, como por ejemplo *Non Harm Tones Sort DF*, que define las notas extrañas admitidas por defecto, el parámetro comprende varios valores numéricos, separados por comas.

Además de la información del capítulo 7, en el punto 4 de la Documentación de Referencia de DM-D incluida en el Apéndice IV, figura una relación de todos los parámetros del archivo *conar.txt*, junto a una descripción de las opciones de configuración de cada uno.

El archivo *conar.txt* admite comentarios en cualquier punto del mismo. Cualquier texto dentro de una línea precedido de un carácter que no sea letra o número es ignorado. Como, por ejemplo, las mismas cabeceras, que se inician con el carácter [ , el comentario a Music Source, que también se inicia con [ , así como algunas líneas anuladas al empezar por / , como se muestra a continuación:

- [ Harmony Staves and Instruments ]
- [0:inmus.xml, 1:outco.cpd, 2:inarm.xml 3:outco.mid]
- // Non Harm Tones Sort 02 = 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0

----- Archivo *conar.txt* . Ejemplo tipo -----

\*\*\* DM-D HARMONY CONFIGURATION \*\*\*

[ Music Configuration ]

Music Source = 2 [0:inmus.xml, 1:outco.cpd, 2:inarm.xml 3:outco.mid]  
First Music Ins = 1  
Last Music Ins = 2

[ Harmony Staves and Instruments ]

First Harm Ins = 3  
Harm Ins Num = 99  
Mel Ins= -2  
Bass Ins= -2

[ Notes ]

Divide Notes = 1  
Min Notes In Line = 2  
Harm Unit Note Limit = 10  
Hole For Line = 5  
Opening Int = 4  
[fath tied desv invr scnd bass meld]  
Themt Contour Coef DF = 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100  
// Themt Contour Coef 01 = 020, 030, 040, 050, 060, 070, 080

[ Nonharmonic Tones ]

Non Harm Tone Dur = 4  
[an dn ap dp ua da ae de] [Neig, Pas, App, Esc]  
Non Harm Tones Sort DF = 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0  
// Non Harm Tones Sort 02 = 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0

[ Linking ]

Link Limit = 1  
Limit Notes Third In = 3  
Limit Notes Third BM = 1  
No Link Act = 1  
Limit One Link = 1

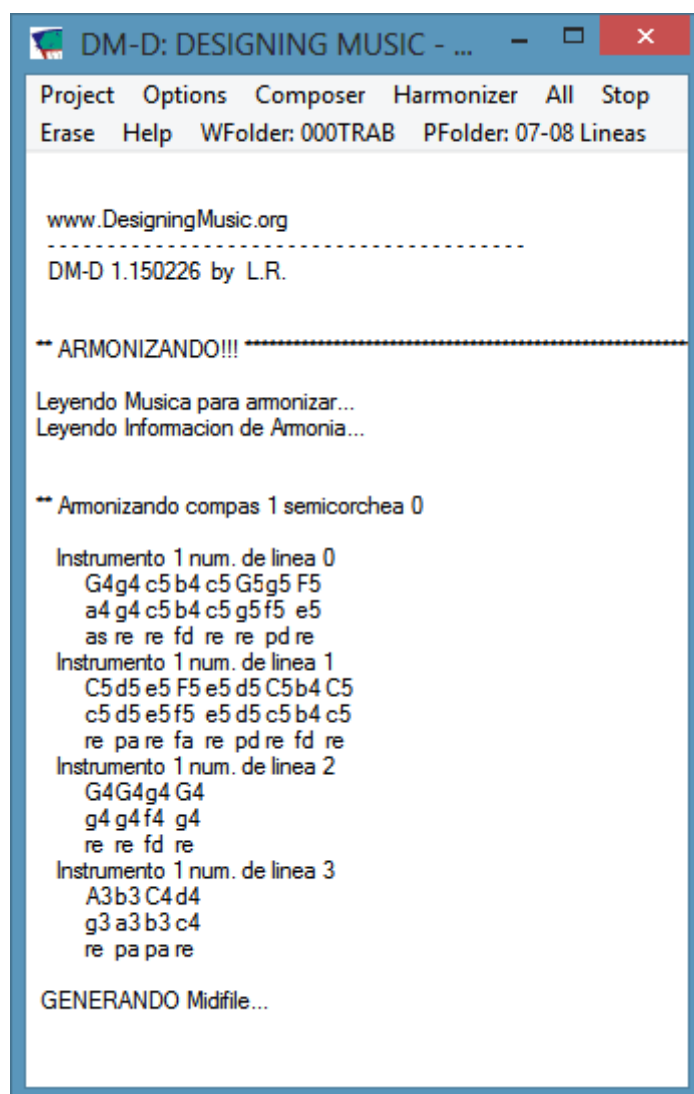
[ Other ]

Clicks Quarter = 512  
Debug = 0  
Show Line Info = 0



## APENDICE VIII

### Visualización de líneas reconocidas por Harmonizer



*Fg. VIII - (01). Visualización de la ejecución de Harmonizer, correspondiente al ejemplo 7 - (9), para un valor del parámetro Hole For Line = 2.*

El archivo de configuración *conar.txt* cuenta con un parámetro, *Show Line Info*, cuyo efecto es controlar la muestra de información detallada sobre líneas y notas extrañas durante el proceso de armonización ejecutado por el algoritmo. Su valor por defecto es 0, lo que inactiva su acción. Por el contrario, cuando adopta el valor 1, durante la ejecución de la armonización se produce una visualización como la mostrada en la figura. En concreto la visualización corresponde al ejemplo 7 - (9), para la última de sus opciones, en la que el parámetro *Hole For Line* adopta el valor 2, es decir, en la que reconoce líneas en la trama polifónica entre notas separadas hasta dos semicorcheas.

Esta visualización puede resultar muy útil para conocer y analizar de qué manera el algoritmo divide en líneas un determinado fragmento musical y cómo procede a su armonización distribuyendo notas reales y notas extrañas. Como puede observarse, en la figura aparece la mención a cuatro líneas, numeradas de la 0 a la 3, que son las que ha manejado el algoritmo. Debajo del epígrafe de cada una de las líneas se muestran tres filas, cuyo contenido detallamos incluyendo, a modo de ejemplo, el correspondiente a la línea 0:

- Primera Fila: (G4 g4 c5 b4 c5 G5 g5 F5) - Muestra las notas asignadas a esta línea del original a armonizar. Cada letra representa una nota, según la notación alfabética convencional, y la cifra el número de octava correspondiente. Si la letra es minúscula significa que se refiere a una nota natural, mientras la mayúscula representa una nota alterada un semitono ascendente.
- Segunda Fila: (a4 g4 c5 b4 c5 g5 f5 e5) - Muestra las notas ya armonizadas en correspondencia con cada una de las notas que se encuentran en la fila previa.
- Tercera Fila: (as re re fd re re pd re) - Identifica el tipo de nota aplicado mediante una abreviatura. El significado de las abreviaturas que en esta línea en concreto figuran es:

as: apoyatura superior

re: nota real de la armonía

fd: floreo descendente

pd: nota de paso descendente

Si representamos en pentagrama el contenido de las líneas reconocidas y empleadas por Harmonizer en el ejemplo 7-(9), según la información que aparece en la figura previa, obtenemos el siguiente resultado:

Original



Línea 0 ( original y armonización )



as re re fd re re pd re

Línea 1



re pa re fa re pd re fd re

Línea 2



re re fd re

Línea 3



re pa pa re

*Fig. VIII - (02). Representación en pentagrama del contenido de división en líneas ofrecido en la figura previa.*

Como puede apreciarse, la línea 1 y la línea 3 coinciden con las líneas sugeridas en la figura 7-(8), tal y como pudiera apreciar una mente humana.

Sin embargo, es significativo cómo, en la línea 0, el resultado se aparta del ofrecido en la figura 7-(8). En aquél se representaban las notas de los dos últimos pulsos del compás (Lab5, Sol5, Fa#5) como una línea independiente, a consecuencia de su situación interválica distante respecto del resto. En sustitución de ellas aparecía el contenido de la línea 2 que, efectivamente, ofrece mayor lógica de continuidad con los dos primeros pulsos.

La razón para que Harmonizer realice esta elección se encuentra en el intervalo de 3ª mayor que existe entre la quinta nota de la línea 0 (Do5) y la primera nota de la línea 2 (Lab4). El criterio de Harmonizer para la unificación en líneas es inicialmente la continuidad de grados conjuntos. Al ser el intervalo superior a una 2ª mayor, el algoritmo no lo reconoce como línea. Cabe, entonces, preguntarnos porqué sí ha incluido en la misma línea esas tres notas finales (Lab5, Sol5, Fa#5). En origen, estas tres notas habrán sido reconocidas como una línea independiente de manera interna por el algoritmo, al igual que las dos primeras notas de la línea. Sin embargo, el propio algoritmo ejecuta, previo a la armonización, un proceso de compactación de líneas disgregadas, con el objeto de minimizar el número total de líneas. Durante tal proceso de compactación, las dos primeras notas, las tres siguientes y las tres últimas habrán sido compactadas en una única línea.

Tal proceso de compactación no sigue un criterio de proximidad interválica, pues se atiene al orden secuencial de líneas que el algoritmo va detectando, lo que es la causa de la desunión de la línea 2 respecto a la primera parte de la línea 0. Ello pudiera parecer una disfunción del algoritmo. Sin embargo, al volver a simultanear todas las líneas, tal y como aparece en la figura 7-(9), el producto final resulta satisfactorio. Dicho efecto, evaluado sobre este ejemplo, se ha mostrado similar y recurrente en situaciones más extensas o complejas. Por ello, durante el proceso de creación y programación del algoritmo, se consideró suficiente su operatividad al respecto.

## APENDICE IX

### Programación de Composer para la generación de M-Obelisk Hoquetus

Este apéndice recoge la información de programación del módulo Composer para la generación de M-Obelisk Hoquetus. En primer lugar se muestra el contenido del archivo de secuencias XML y seguidamente las tres hojas de programación empleadas. Estas tres hojas parten de una estructura de código común, con variantes para cada una de ellas. La primera hoja se ha empleado para generar la parte de Clarinete y el Contrapunto 1 , 2 y 3. La segunda para generar el Contrapunto 4 y 5, y la tercera para el Contrapunto 6.

Control meso-formal ( secuencia 0 )



Movimientos rápidos dentro de la elipse ( secuencias 1 y 2 )



Parte final de las secciones ( secuencias 3, 4 y 5 )



*Fig. IX - (01). Secuencias XML empleadas en la programación de Composer para la generación de M-Obelisk Hoquetus*

#### CONFIGURACION

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Value	246	120	4	4	0	0

#### CALCULOS

TCAL	Expresión	Comentario
FAum	li(MCo,1) + lr(1,37,33) + lr(38,71,30) + lr(72,102,27) + lr(103,130,24) + lr(131,155,21) + lr(156,177,18) + lr(178,196,15) + lr(197,212,12) + lr(213,225,9) + lr(226,235,6) + lr(236,242,3)	Form Aumentation
RestM	li(MCo,1) + lv(37,1) + lv(71,1) + lv(102,1) + lv(130,1) + lv(155,1) + lv(177,1) + lv(196,1) + lv(212,1) + lv(225,1) + lv(235,1) + lv(242,1)	Rest Measures. 1 if Rest. Else 0
EllPe	( FormS==C4# ? 1 : (FAum+3) / 3 )	Ellipse Period (Controls Bast Generator)
ElIND	li(FAum,1) + lr(30,33,192) + lr(24,27,96) + lr(18,21,48) + lr(9,15,24) + lr(0,6,12)	Ellipse Note Duration
ElIRev	( nrand(20) > 14 ? -1 : 1 )	Ellipse Reversion, randomly
FLcon	itp(33,0,0,20,FAum)	Form Line Control - From Form Aumentation, which really is Form Control, interpolates for a increasing line (0 to 20).
Elw	14 + ( FLcon/2.5 )	Ellipse vertical width (with a little of form modulation)
Fac	pow(Bast,2)/pow(50,2)	Ellipse x <sup>2</sup> /a <sup>2</sup> factor ( a is horizontal width )
Elip1p	(Fac < 1 ? (Elw*sqrt(1-Fac)) : 0)	Ellipse 1, positive side
Mod1	(Bast/(12-(FLcon/5)))	Modulation 1: Line Bend, increasing with form.
Mod2	D4n + (FLcon/4) + EMs1	Modulation 2: Static Offset + Form Offset + Sinus
TEll1p	int( Elip1p + Mod1 + Mod2 )	Total value for Ellipse, positive side, with modulations
TEll1n	int( (-1*Elip1p) + Mod1 + Mod2 )	Total value for Ellipse, negative side, with modulations
DplIND	(ElIND >= 96 ? 24 : 12)	Descending punctual line (quick movements) Note Duration
DplRa	nrand(20)	Descending punctual line (quick movements) Random auxiliar value
DplTr	(DplAux > (14-(ElIND/48))) * (MTell1p > A4n) * (ElIPe>3)	Descending punctual line (quick movements) Trigger
FScTr	(FScAux>=25) * (FormS==C4#) * (RestM==0)	Final Scales Trigger
FScMv	1 + nrand(3)	Final Scales Movement, aleatory

#### GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clics	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad	Comentario
Def.V.	2	1	0	1	0	12	300	0	12	1	80	64	0	30	
MCo				300			300			3	301.001	1	1		Measure Count
Bast	1			EllPe		ElIND * 2			ElIND	3	50 * ElIRev	-50 * ElIRev			Base sawtooth wave (Every period generates one ellipse)
EMs1	1			0	ElIPe * ( 96 + (nrand(8)*12))					3	-3				Sinus for ellipse deforming
Dpl	1			0	ElIND	DplIND			DplIND	4	TEll1p	TEll1p - 20 // -6 - nrand(4) + (MCo/40)		35	Descending punctual line - Actually used only to detect first note in quick movements
DplAux	1			0	ElIND*2	ElIND			ElIND	2	DplRa	0		25	Descending punctual line random one period constant
MTell1p	1			0	ElIND*2	ElIND			ElIND	2	TEll1p	TEll1p		31	Tell1p Memorized
FScAux	1			0	(RestM==0 ? (ElIND*4) : 1)					4	40	nrand(20)			Final Scales Aux
FScPer	1			0	(RestM==0 ? (ElIND*4) : 1)					2	Mco	Mco			Final Scales Crescent Value, but stable for one period
VelMod	1			0	48+nrand(200)						nrand(600)/Mco	0			Velocity Modulator
VelGen				itp(1,4,246,1,Mco)	VelMod						60	120-nrand(20)			Velocity Generator

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del período, 2 si se calcula al finalizar una nota.  
Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.

## GENERADORES DE SECUENCIAS

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ 0 -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua	Prioridad	Comentario
Def.V.	1	0	1	0	0	1	0	4	16	0	1	0	0	0	60	
FormS					FAum*4			16	244						20	Meso-Form Sequence
Seq1		li(EIIND,1)+lv(192,1)+lv(96,1)+lv(48,2)+lv(24,2)						0	999							Sequences for Quick Movements in ellipse
Seq2		li(EIIND,1)+lv(192,3)+lv(96,4)+lv(48,4)+lv(24,5)+lv(12,5)				1 + (FScMv>2)	(Mco==1 ? nrand(10) : 0)	0	999		FScMv					Sequences for Final Scales (with random notes removed initially, and one note removed if opposite movement)

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

## SALIDA

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
1	TEll1p		Bastu	Bastj * (Fac <= 1) * (FormS==60) * (DplTr!=1)	VelGen	
1		(Dpl == MTEll1p ? Dpl : Seq1-C5n+MTEll1p)	Seq1u	Seq1i * DplTr	VelGen	
1		Seq2 + itp(1,-6,245,10,FScPer)	Seq2u	Seq2i * FScTr	VelGen	
2	TEll1n		Bastu	Bastj * (Fac <= 1) * (FormS==60) // * (DplTr!=1)	VelGen	

Fig. IX - (02). Hoja de programación de Composer Nº1, empleada para generar la parte de Clarinete y el Contrapunto 1, 2 y 3 de M-Obelisk Hoquetus.

#### CONFIGURACION

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Value	246	120	4	4	0	0

#### CALCULOS

TCAL	Expresión	Comentario
FAum	li(MCo,1) + lr(1,37,33) + lr(38,71,30) + lr(72,102,27) + lr(103,130,24) + lr(131,155,21) + lr(156,177,18) + lr(178,196,15) + lr(197,212,12) + lr(213,225,9) + lr(226,235,6) + lr(236,242,3)	Form Aumentation
Flaux	itp(33,0,0,20,FAum)	
Ficon	int( Flaux ) // int(itp(33,0,0,20,FAum))	Form Line Control - From Form Aumentation, which really is Form Control, interpolates for a increasing line (0 to 20).
RestM	li(MCo,1) + lv(37,1) + lv(71,1) + lv(102,1) + lv(130,1) + lv(155,1) + lv(177,1) + lv(196,1) + lv(212,1) + lv(225,1) + lv(235,1) + lv(242,1)	Rest Measures. 1 if Rest. Else 0
ElIPebas	itp(0,100,270,20,Mco)	Base for Ellipse Period
ElIPe	int( ElIPebas / 1.23454345 ) * 12	Ellipse Period (Controls Bast Generator)
ElINDor	li(FAum,1) + lr(30,33,24) + lr(24,27,24) + lr(18,21,24) + lr(9,15,12) + lr(0,6,12)	Ellipse Note Duration
ElIND	int(NotDur) * 12	Ellipse Note Duration
ElwRan	nrand(10)	
Elw	5 + ( Mco/40 ) + BastAu1	Ellipse vertical width (with a little of form modulation)
Bast	(frac( BastdbGen/100 ) * 100) - 50	Base sawtooth, with the middle period from BastdbGen
Fac	pow(Bast,2)/pow(50,2)	Ellipse x <sup>2</sup> /a <sup>2</sup> factor ( a is horizontal width)
Elip1p	(Fac < 1 ? (Elw*sqrt(1-Fac)) : 0)	Ellipse 1, positive side
TEl1p	int( Elip1p ) + 70	Total value for Ellipse, positive side, with modulations
TEl1n	int( (-1*Elip1p) ) + 70	Total value for Ellipse, negative side, with modulations
Bastdb	(BastdbGen > 100)	Control for changing between positive and negative side of Ellipse
SwitchLow	(nrand(20) > 10)	Switching between 2 low voices in negative side

#### GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clics	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad	Comentario
Def.V.	2	1	0	1	0	12	300	0	12	1	80	64	0	30	
MCo				300			300			3	301.001	1	1		Measure Count
BastdbGen 1					ElIPe	ElIND			ElIND	3	200	0			Base sawtooth wave with Double Period
BastAu1	1				ElIPe						ElwRan	ElwRan			Memory for one period, with ellipse width
BastAu2						ElIND			ElIND						Generator for triggering notes
SinSec	1			0	(ElIPe/4) + nrand(48)						-3	-18			Sinus for second voice
VelMod	1			0	48+nrand(200)						nrand(600)/Mco	0			Velocity Modulator
VelGen				itp(1,4,246,1,Mco)	VelMod						60	120-nrand(20)			Velocity Generator
NotDur	1			0	itp(1,100,250,30,Mco) + nrand(120)						8	1			Note Duration Control, Sine
QSin1				0	50 + nrand(180)						15	0			Sine for quick notes
QSin2				0	48 + (3*QSin1)	8			8		8 + QSin1	8 - QSin1			Sine for quick notes

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del periodo, 2 si se calcula al finalizar una nota.  
Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.



## GENERADORES DE SECUENCIAS

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua	Prioridad	Comentario
Def.V.	1	0	1	0	0	1	0	4	16	0	1	0	0	0	60	
FormS					FAum*4			16	244						20	Meso-Form Sequence

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

## SALIDA

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
1	TEll1p	BastAu2u	BastAu2u	BastAu2i * (Fac <= 1) * (Bastdb==0) * (RestM==0)	VelGen	Ellipse Positive Part
1	TEll1p+SinSec	BastAu2u	BastAu2u	BastAu2i * (Fac <= 1) * (Bastdb==0) * (RestM==0) * (Tel1p>70)	VelGen	2nd voice in positive side
1	TEll1n	BastAu2u	BastAu2u	BastAu2i * (Fac <= 1) * (Bastdb!=0) * (RestM==0) * (SwitchLow!=0)	VelGen	Ellipse Negative Part
1	TEll1n-SinSec	BastAu2u	BastAu2u	BastAu2i * (Fac <= 1) * (Bastdb!=0) * (RestM==0) * (SwitchLow==0)	VelGen	2nd voice in negative side
2	TEll1p + (QSin2/1.7)	QSin2u	QSin2u	QSin2i * (Bastdb==0) * (RestM==0)	VelGen	Quick notes - Ellipse Positive Part
2	TEll1n + (QSin2/1.7)	QSin2u	QSin2u	QSin2i * (Bastdb!=0) * (RestM==0)	VelGen	Quick notes - Ellipse Negative Part

Fig. IX - (03). Hoja de programación de Composer N°2, empleada para generar el Contrapunto 4 y 5 de M-Obelisk Hoquetus.

#### CONFIGURACION

TCONF	Nº de compases	Tempo	Partes por compás	Denominador compás	Clicks por parte	Semilla
Value	246	120	4	4	0	0

#### CALCULOS

TCAL	Expresión	Comentario
FAum	$li(MCo,1) + lr(1,37,33) + lr(38,71,30) + lr(72,102,27) + lr(103,130,24) + lr(131,155,21) + lr(156,177,18) + lr(178,196,15) + lr(197,212,12) + lr(213,225,9) + lr(226,235,6) + lr(236,242,3)$	Form Aumentation
RestM	$li(MCo,1) + lv(37,1) + lv(71,1) + lv(102,1) + lv(130,1) + lv(155,1) + lv(177,1) + lv(196,1) + lv(212,1) + lv(225,1) + lv(235,1) + lv(242,1)$	Rest Measures. 1 if Rest. Else 0
EllPe	$(FormS = C4\# ? 1 : (FAum+3) / 3)$	Ellipse Period (Controls Bast Generator)
EllIND	$li(FAum,1) + lr(30,33,192) + lr(24,27,96) + lr(18,21,48) + lr(9,15,24) + lr(0,6,12)$	Ellipse Note Duration
EllRev	$(nrand(20) > 14 ? -1 : 1)$	Ellipse Reversion, randomly
FLcon	$itp(33,0,0,20,FAum)$	Form Line Control - From Form Aumentation, which really is Form Control, interpolates for a increasing line (0 to 20).
Elw	$itp(33,20,0,2,FAum)$	Ellipse vertical width (with a little of form modulation)
Fac	$pow(Bast,2)/pow(50,2)$	Ellipse $x^2/a^2$ factor (a is horizontal width)
Elip1p	$(Fac < 1 ? (Elw * sqrt(1-Fac)) : 0)$	Ellipse 1, positive side
TEll1p	$int(Elip1p) + 60$	Total value for Ellipse, positive side, with modulations
TEll1n	$int(-1 * Elip1p)$	Total value for Ellipse, negative side, with modulations
RitEll	$(1 + int(Elip1p)) * 12$	Total value for Ellipse, positive side, with modulations

#### GENERADORES DE ONDAS CONTINUAS

TGENC	Momento de cálculo	Inicio comp.	Inicio clicks	Per. onda comp.	Per. onda clics	Per. entre nota y n.	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Duración nota	Forma de onda	Val. max. de onda	Val. min. de onda	Salida discreta	Prioridad	Comentario
Def.V.	2	1	0	1	0	12	300	0	12	1	80	64	0	30	
MCo				300			300			3	301.001	1	1		Measure Count
Bast	1			EllPe		EllIND * 2			EllIND	3	50 * EllRev	-50 * EllRev			Base sawtooth wave (Every period generates one ellipse)
RitG	2					RitEll			RitEll						Rytm Generator
VelMod	1			0	48+nrand(200)						nrand(600)/Mco	0			Velocity Modulator
VelGen				$itp(1,4,246,1,Mco)$	VelMod						60	120-nrand(20)			Velocity Generator
GSin1	2				24+nrand(24)						7	3			Sin Generator - High Voice
GSin2	2				26+nrand(26)						9	4			Sin Generator - Low Voice
GSinP	2				96+nrand(96)						$F4n + nrand(3)$	$D4n - nrand(3)$			Sin Generator - Main

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al inicio del periodo, 2 si se calcula al finalizar una nota.  
Forma de onda: 1-Seno, 2-Cuadrada, 3-Diente de Sierra Ascendente, 4-Diente de Sierra Descendente, 5-Triangular.

**GENERADORES DE SECUENCIAS**

TGENS	Momento de cálculo	Num. de secuencia	Inicio comp.	Inicio clicks	Aument. (+ ó -)	Nota de inicio	Notas quitadas al final	Silencio final	Duración act. comp.	Duración act. clicks	Tipo de movimiento	Transp. lim. sup.	Transp. lim. inf.	Salida continua	Prioridad	Comentario
Def.V.	1	0	1	0	0	1	0	4	16	0	1	0	0	0	60	
FormS					FAum*4			16	244						20	Meso-Form Sequence

Momento de cálculo: 0 si se calcula siempre, 1 si se calcula al principio de la secuencia.

**SALIDA**

TSAL	Instrumento	Valor	Duración	Disparo	Velocidad	Comentario
1		GSinP	RitGu	RitGi * (Fac <= 1) * (FormS==60)	VelGen	
1		GSinP + GSin1	RitGu	RitGi * (Fac <= 1) * (FormS==60)	VelGen	
1		GSinP - GSin2	RitGu	RitGi * (Fac <= 1) * (FormS==60)	VelGen	

*Fg. IX - (04). Hoja de programación de Composer N°3, empleada para generar el Contrapunto 6 de M-Obelisk Hoquetus.*